

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**Estudo de potencial de economia de água potável por meio do aproveitamento
de água pluvial em um condomínio residencial multifamiliar localizado em
Florianópolis - SC**

Marta Elisa Vettori Dalsenter

FLORIANÓPOLIS
2016

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Marta Elisa Vettori Dalsenter

**Estudo de potencial de economia de água potável por meio do aproveitamento
de água pluvial em um condomínio residencial multifamiliar localizado em
Florianópolis - SC**

Trabalho de conclusão de curso submetido ao
Departamento de Engenharia Civil da Universidade
Federal de Santa Catarina como parte dos requisitos para
a obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador: Prof. Enedir Ghisi, Ph.D.

FLORIANÓPOLIS

2016

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Dalsenter, Marta Elisa Vettori

Estudo de potencial de economia de água potável por
meio do aproveitamento de água pluvial em um condomínio
residencial multifamiliar localizado em Florianópolis - SC
/ Marta Elisa Vettori Dalsenter ; orientador, Enedir Ghisi
- Florianópolis, SC, 2016.

73 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico.
Graduação em Engenharia Civil.

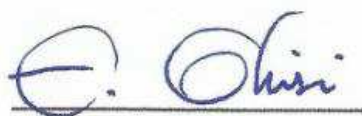
Inclui referências

1. Engenharia Civil. 2. Aproveitamento. 3. Água
Pluvial. 4. Netuno. I. Ghisi, Enedir. II. Universidade
Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia Civil.
III. Título.

**ESTUDO DE POTENCIAL DE ECONOMIA DE ÁGUA POTÁVEL POR MEIO DO
APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL EM UM CONDOMÍNIO RESIDENCIAL
MULTIFAMILIAR LOCALIZADO EM FLORIANÓPOLIS – SC**

MARTA ELISA VETTORI DALSENTER

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi defendido e julgado adequado como parte
dos requisitos para obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL



Prof. Enedir Ghisi, PhD
Orientador

Prof^a. Liseane Padilha Thives, Dra.

Eng^a. Andréa Teston, Doutoranda do PPGEC

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, por me proporcionarem as oportunidades de estudar e incentivarem meu crescimento pessoal, além de sempre fornecerem o apoio necessário.

Aos meus familiares e amigos pelo apoio e incentivo para realização deste trabalho. Em especial à Marcella Dalsenter, por ser mais que uma irmã, uma grande amiga e futura colega de profissão.

Ao professor Enerdir Ghisi, pela orientação, atenção, compreensão e paciência durante o período de estudo.

A todos aqueles que direta ou indiretamente colaboraram com o desenvolvimento deste estudo, em especial à Rita Maria Guerini Poernbacher, síndica do condomínio, que colaborou com o que pôde para obtenção dos dados necessários para este trabalho.

Enfim, agradeço a todos que de alguma forma contribuíram para meu aprendizado e crescimento.

RESUMO

A água é um bem indispensável para a vida, entretanto, é um bem não renovável. Devido ao crescimento populacional, o consumo de água tem aumentado nas últimas décadas, correndo o risco deste bem se tornar escasso, como já ocorre em diversas partes do planeta. Inúmeros estudos vêm sendo realizados com o objetivo de evitar o desperdício, aumentar a conscientização da população e buscar novas alternativas sustentáveis como a utilização da água pluvial para consumo. O uso de água pluvial para substituição de água potável em edificações têm se mostrado uma alternativa viável. O objetivo deste trabalho é, portanto, avaliar o potencial de economia de água potável utilizando um sistema de captação e aproveitamento de água pluvial para consumo não potável no Condomínio Vista Real, localizado no bairro Itacorubi, Florianópolis – SC. O condomínio possui três blocos, Baía Norte, Baía Sul e Ilha dos Guarás. A estimativa do volume dos reservatórios e seu respectivo potencial de economia foi realizada com a utilização do programa computacional Netuno 4, através dos dados de entrada, como por exemplo, dados de precipitação do local de estudo, áreas de captação de água pluvial, demanda média diária e percentual desta demanda que poderia ser substituído por água pluvial. Para definir o potencial de água potável que pode ser substituído por água pluvial foram estimados os consumos de água para cada uso nos apartamentos, através de questionários entregues aos moradores, onde foram obtidas as frequências e tempos de uso de cada aparelho hidrossanitário. Em seguida, foi possível estimar o volume para os reservatórios de água pluvial, bem como o potencial de economia de água potável que poderia ser obtido por meio da utilização destes reservatórios. Após a definição dos volumes dos reservatórios superior e inferior para cada bloco, foi realizada uma análise econômica para verificação da viabilidade do sistema de aproveitamento de água pluvial proposto e o período necessário até se obter retorno. Os percentuais de substituição de usos potáveis obtidos foram de 23,9% para o bloco Baía Norte, 26,6% para o bloco Baía Sul e 22,1% para o bloco Ilha dos Guarás. Os custos relativos à implantação do sistema foram orçados em R\$ 10.260,58 para cada bloco. Os resultados da análise econômica mostraram que o sistema é viável economicamente e possuem tempo de retorno relativamente baixo, 12 meses para os blocos Baía Norte e Baía Sul e 13 meses para o bloco Ilha dos Guarás.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização do objeto de estudo no município de Florianópolis.	26
Figura 2 - Localização do condomínio no Bairro Itacorubi.	27
Figura 3 – Entrada do condomínio.	27
Figura 4 - Vista superior do condomínio Vista Real.	28
Figura 5 - Consumo mensal de água e valor das faturas Casan - Bloco Baía Norte.	48
Figura 6 - Consumo mensal de água e valor das faturas Casan - Bloco Baía Sul. ...	48
Figura 7 - Consumo mensal de água e valor das faturas Casan - Bloco Ilha dos Guarás.	49
Figura 8 - Precipitação média anual.	51
Figura 9 - Precipitação média mensal com máximos e mínimos.	52
Figura 10 - Cobertura do bloco Baía Norte.	53
Figura 11 - Ralo coletor de água pluvial.	53
Figura 12 - Resultados do dimensionamento do volume ideal de reservatório inferior e potencial de economia d e água potável para o Bloco Baía Norte.	57
Figura 13 - Resultados do dimensionamento do volume ideal de reservatório inferior e potencial de economia d e água potável para o Bloco Baía Sul.	58
Figura 14 - Resultados do dimensionamento do volume ideal de reservatório inferior e potencial de economia d e água potável para o Bloco Ilha dos Guarás.	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Usos finais dos aparelhos hidrossanitários.	30
Tabela 2 - Rendimento da motobomba em função da potência.	40
Tabela 3 - Frequências e durações médias de utilização dos aparelhos hidrossanitários por pessoa.....	43
Tabela 4 - Vazões medidas em apartamentos do bloco Baía Norte e Média das vazões.	44
Tabela 5 - Consumos estimados através dos questionários.	45
Tabela 6 - Percentuais de consumo diário per capita para cada uso nos blocos.....	46
Tabela 7 - Consumo médio mensal para cada bloco (m³).....	49
Tabela 8 - Consumo médio diário per capita para cada bloco.	50
Tabela 9 - Percentuais de substituição de água potável por pluvial para cada bloco (%).	54
Tabela 10 - Dados de entrada no programa Netuno para cada bloco.....	55
Tabela 11 - Resultado do dimensionamento para o Bloco Baía Norte.....	56
Tabela 12 - Resultado do dimensionamento para o Bloco Baía Sul.	56
Tabela 13 - Resultado do dimensionamento para o Bloco Ilha dos Guarás.....	56
Tabela 14 - Custo de implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial...	61
Tabela 15 - Custos de água por faixa de consumo – Casan.....	61
Tabela 16- Dados de entrada para análise econômica.	62

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
1.1. Justificativa	11
1.2. Objetivos	13
1.3. Objetivo Geral	13
1.4. Objetivos Específicos	13
1.5. Estrutura do Trabalho	13
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
2.1. Disponibilidade de recursos hídricos no Brasil.....	15
2.2. Aproveitamento de água pluvial	16
2.3. Exemplos de estudo de uso de água pluvial no Brasil e no mundo	19
2.4. Dimensionamento de reservatórios	22
3. MÉTODO	25
3.1. Considerações iniciais	25
3.2. Área de estudo.....	25
3.3. Objeto de estudo.....	26
3.4. Levantamento de dados.....	28
3.4.1. Levantamento de frequências e tempos de uso	29
3.4.2. Medição de vazões	30
3.4.3. Estimativa dos Usos Finais	31
3.4.4. Consumo medido pela CASAN.....	34
3.5. Avaliação do Sistema de Captação de Água Pluvial	35
3.5.1. Dados de Precipitação	35
3.5.2. Área de Captação	35
3.5.3. Coeficiente de Escoamento Superficial	36
3.5.4. Demanda de Água Potável	36
3.5.5. Porcentagem de Substituição de Água Potável por Pluvial	36
3.5.6. Volume do Reservatório.....	37
3.6. Análise econômica	38
4. RESULTADOS	42
4.1. Considerações Iniciais	42
4.2. Levantamento de dados.....	42
4.2.1. Frequências e Tempos de Uso	42

4.2.2. Medição das Vazões.....	44
4.2.3. Estimativa dos Usos Finais	45
4.2.4. Consumo medido pela Casan.....	48
4.3. Avaliação do Sistema de aproveitamento de água pluvial	50
4.3.1. Dados de Precipitação	50
4.3.2. Área de captação	52
4.3.3. Demanda de água potável	53
4.3.4. Porcentagem de substituição de água potável por pluvial	54
4.3.5. Volume do reservatório	54
4.4. Análise econômica	60
5. CONCLUSÃO	63
5.1. Conclusões Gerais.....	63
5.2. Limitações do Trabalho.....	64
5.3. Sugestões para trabalhos futuros	65
REFERÊNCIAS	66
APÊNDICES	70
APÊNDICE A.....	71
APÊNDICE B.....	73

1. INTRODUÇÃO

1.1. Justificativa

De acordo com relatório das Nações Unidas, a população mundial atual é de 7,3 bilhões de pessoas, e para o ano de 2100 a expectativa é atingir aproximadamente 11,2 bilhões de pessoas (UNITED NATIONS, 2015). Este aumento populacional ocasiona aumento da demanda de água potável, fazendo-se necessária a busca de soluções para garantir a existência de água potável para suprir a demanda dessa população.

A água sempre foi considerada um bem abundante devido à sua grande disponibilidade no planeta, e, por este motivo foi explorada sem a preocupação com sua possível falta. Porém, atualmente, têm sido presenciados vários problemas associados ao abastecimento, sendo necessário reavaliar as políticas de uso.

A escassez de água é um sério problema mundial que vem aumentando. O aumento do consumo, causado pela demanda populacional, as mudanças climáticas, que provocam períodos mais prolongados de seca e períodos de pluviosidade mais curtos, com mais intensidade, a poluição dos mananciais, além do consumo não sustentável, são fatores que contribuem para esta escassez. Sob estas condições, é pertinente a busca de soluções para reduzir desperdício de água potável e assim garantir que não haja falta da mesma.

O aproveitamento de água pluvial tem sido considerado como uma opção atrativa para reduzir o consumo de água potável. A captação de água pluvial pode ser efetuada no telhado dos próprios edifícios e requer apenas um pequeno tratamento antes de estar apropriada para uma grande variedade de usos (APOSTOLIDIS; HUTTON, 2006).

Segundo Wang e Zimmerman (2015), a implementação de sistemas de captação de águas pluviais pode promover uma variedade de benefícios sociais e ecológicos, tanto em relação ao fornecimento de água, como também relacionado ao tratamento e distribuição e à gestão de águas pluviais. Como exemplo destes benefícios diretos há a conservação das fontes de água, redução de gastos com

tratamento e distribuição graças à diminuição de consumo da rede pública, redução do desperdício com o transporte de água, redução de inundações e alívio da erosão do solo causada pelo escoamento superficial.

O aproveitamento de água pluvial geralmente consiste em utilizar as superfícies impermeáveis dos telhados para coleta dessa água, que posteriormente será armazenada e distribuída para os pontos de utilização. Para usos em chuveiros e torneiras em que essa água possa ser ingerida, por exemplo, a água coletada deverá passar por um tratamento mais refinado, de forma a atender as condições de potabilidade, o que acaba encarecendo o processo.

Entretanto, para suprimento de usos não potáveis, como por exemplo, em descargas de vasos sanitários, lavação de roupas, carros e calçadas, e irrigação de jardins, a captação e armazenamento de água pluvial pode se tornar uma solução viável para minimizar problemas de abastecimento. Além de reduzir a demanda de água potável, pode ser uma alternativa atrativa economicamente, com períodos de retorno relativamente baixos.

Nas áreas mais afastadas dos centros urbanos, o uso de água pluvial é importante em períodos de escassez, para garantir abastecimento. Mesmo em regiões que não sofrem com escassez, mas localizadas a uma grande distância das centrais de distribuição, coletar água pluvial para consumo na própria residência torna-se um meio mais fácil de abastecimento.

Além da economia de água potável, coletar água pluvial pode ajudar a minimizar os problemas de inundação, principalmente nos grandes centros urbanos. Devido à impermeabilização do solo, causada pelas construções, em épocas com grande pluviosidade, não ocorre infiltração desta água no solo e as tubulações não conseguem dar vazão a toda água, fazendo com que ocorram alagamentos (DORNELLES, 2012).

Neste cenário, o aproveitamento de água pluvial pode ser considerado uma forma de mitigação dos problemas de abastecimento e drenagem urbana, e seu estudo e aplicações são de suma importância.

1.2. Objetivos

1.3. Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo avaliar o potencial de economia de água potável utilizando um sistema de captação e aproveitamento de águas pluviais para consumo não potável em um condomínio residencial multifamiliar localizado em Florianópolis – SC.

1.4. Objetivos Específicos

Os objetivos específicos na realização deste trabalho são:

- Estimar o consumo de água para fins não potáveis, por meio de frequência, tempo de uso e vazão;
- Calcular o volume do reservatório de água pluvial de acordo com a área do telhado, o consumo diário e o percentual de substituição de água potável por pluvial;
- Estimar o custo de implantação do sistema e o período de retorno.

1.5. Estrutura do Trabalho

O capítulo inicial apresenta uma breve introdução ao tema e os objetivos gerais e específicos do estudo.

No segundo capítulo encontra-se uma breve revisão bibliográfica. Neste há uma apresentação sobre a disponibilidade de recursos hídricos no Brasil, seguida por justificativas para uso da água pluvial em edificações. Após, há descrição de estudos de caso realizados em várias partes do mundo, a fim de avaliar o aproveitamento de água pluvial, seguida por uma breve descrição dos métodos de dimensionamento de reservatórios e os resultados provenientes destes métodos em comparação com os obtidos através do programa Netuno.

O terceiro capítulo apresenta o método utilizado para estudo, explicando a obtenção dos usos finais de água, por meio de levantamentos (questionários entregues aos moradores e medições de vazão). É apresentado também como será realizada avaliação do potencial de economia de água potável e a análise econômica.

No capítulo quatro são apresentados os resultados obtidos por meio dos usos finais para o dimensionamento dos reservatórios de água pluvial e a avaliação do potencial de economia de água potável obtido através das simulações de volumes para estes reservatórios.

No quinto capítulo são apresentadas as conclusões referentes a este estudo, bem como algumas limitações encontradas no desenvolvimento do trabalho e sugestões para trabalhos futuros.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Disponibilidade de recursos hídricos no Brasil

No Brasil, os recursos hídricos representam 11% dos recursos mundiais e 50% da América do Sul. Entretanto, a distribuição das fontes de água e bacias hidrográficas no país não é uniforme durante os períodos do ano e nem ao longo de sua extensão geográfica. Devido à essa falta de uniformidade na distribuição dos recursos hídricos, algumas regiões sofrem com problemas de escassez com maior intensidade e frequência (TUCCI; HESPANHOL; NETTO, 2001).

Em contraste com essa grande disponibilidade hídrica está a má distribuição populacional. Segundo Ghisi (2006), na região Norte do país, onde está localizada a Bacia Amazônica, que possui 71,1% do total do potencial hídrico nacional, está concentrada apenas 8% da população. Enquanto na região sudeste, que possui apenas 6% do potencial hídrico, há 43% da população nacional, fazendo com que a ocorrência de problemas de abastecimento seja mais provável.

A região Sul concentra 6% da capacidade hídrica do país e 15% da população. Ainda que agora a disponibilidade hídrica seja de aproximadamente 14,55 m³ per capita/ano, a projeção para o ano 2100, para o estado de Santa Catarina é de que a população aumentará de 6 milhões para 27 milhões de pessoas. A disponibilidade de água, que é de aproximadamente 10.000m³ per capita/ano, reduziria para cerca de 2.000m³, considerada muito baixa de acordo com a UNEP (GHISI; MONTIBELLER; SCHMIDT, 2006).

Nas áreas urbanas, o crescimento populacional fez com que o consequente aumento das áreas construídas ocorresse, na maioria das vezes, sem planejamento. Por esse motivo, além da grande concentração de áreas edificadas e pavimentadas, há o acúmulo de resíduos e a necessidade de obras de infraestrutura para abastecimento e coleta. Nas áreas rurais, ocorrem desmatamentos e contaminações químicas dos pesticidas da agricultura e indústria, juntamente com a poluição por dejetos de animais.

Devido a esse cenário de alteração, tanto do meio urbano quanto do rural, a disponibilidade da água, que era considerada suficiente para suprir as demandas, vem se tornando insuficiente, fazendo com que sejam necessários maiores investimentos na infraestrutura, bem como a busca por novas fontes de água.

Além dos problemas de abastecimento, há ainda as alterações na capacidade de absorção da água pluvial pelo solo, aumentando o escoamento superficial e a poluição dos mananciais, fazendo com que a disponibilidade e o fornecimento de água potável se tornem uma preocupação para a administração pública (DORNELLES, 2012).

A água, como os demais recursos da biosfera, é escassa e seu uso racional compreende tanto a preservação, quanto a conservação da quantidade e qualidade. A Lei Nº 9.433/1997 instituiu no Brasil a Política Nacional de Recursos Hídricos. Esta Lei define a água como um bem de domínio público, constituindo um recurso natural limitado e dotado de valor econômico (FENDRICH; OLIYNIK, 2002).

2.2. Aproveitamento de água pluvial

Considerada um bem abundante e disponível, antigamente não se via necessidade de preocupação de racionamento de uso da água. Porém, no contexto atual em que ocorrem simultaneamente os problemas de aumento populacional, má distribuição de recursos hídricos, além do desperdício de água potável, faz-se necessário o desenvolvimento de políticas de uso racional e busca de fontes alternativas de água. Das alternativas possíveis, destaca-se a captação de água pluvial para substituição do uso de água potável.

A captação de água pluvial foi usada por séculos para atender às necessidades de abastecimento da população e é atualmente uma prática comum na Índia, África, Ásia e Austrália e muitos outros lugares para auxiliar total ou parcialmente as necessidades de abastecimento de água (STEFFEN *et al.*, 2013).

Captar a água pluvial para posteriormente usá-la em atividades domésticas é uma medida de uso eficiente da água. Ao utilizar a água pluvial nas residências, não

se está apenas poupando água potável, mas também a energia utilizada para tratamento e transporte desta água.

Além disso, diminui a erosão local e as inundações provocadas pelo escoamento superficial resultado de impermeabilizações, tais como telhados de habitações e pavimentos. Deste modo, o escoamento superficial que poderia degradar canais e concentrar poluentes é convertido em água que será captada e posteriormente utilizada para consumo (BERTOLO, 2006).

O aproveitamento de água pluvial em edificações consiste na captação, armazenamento e posterior utilização da água precipitada sobre superfícies impermeáveis de uma edificação, tais como: telhados, lajes e pisos. Em geral, água pluvial não é potável, devido à acidez ou presença de metais pesados, o que impossibilita seu uso para consumo humano sem tratamento prévio. Na ausência de tratamento adequado a aplicação da água pluvial coletada deve ser restrita a atividades que não necessitem de utilização de água potável.

Nesse processo de coleta da água pluvial, é aconselhável o descarte da primeira água que cai do telhado, lavando-o, pois esta água apresenta um grau de contaminação bastante elevado, pois há o transporte de ácidos, microrganismos e outros poluentes atmosféricos (OLIVEIRA; CHRISTMANN; PIEREZAN, 2014). A água armazenada poderá ser utilizada para descargas em bacias sanitárias, lavagem de roupas, calçadas, veículos, torneiras de irrigação de jardim, dentre outros.

Não havendo a necessidade da utilização de água potável para tais atividades, a coleta e o aproveitamento de água pluvial dispõem de uma série de benefícios como: não desperdiçar um recurso natural escasso e disponível em abundância nos telhados; reduzir o consumo de água potável fornecida pela companhia de saneamento; conservar a água e reduzir o risco de enchentes; encorajar a conservação de água, a autossuficiência e uma postura ativa perante os problemas ambientais (OLIVEIRA; CHRISTMANN; PIEREZAN, 2014).

Segundo uma pesquisa feita por Marinoski (2007) analisando alguns estudos de consumo de água no meio residencial em alguns países do mundo o percentual

de água tratada utilizada para fins não potáveis varia de 45 a 55%. Esta variação, para os mesmos aparelhos sanitários, ocorre por diferentes aspectos sociais, econômicos e culturais.

Um estudo feito por Ghisi (2006) avaliando o potencial de economia de água potável que poderia ser atingido utilizando águas pluviais no Brasil, concluiu que o potencial de economia que poderia ser atingido variou de 48 a 100%. O estudo relacionou dados de precipitação, áreas de captação de águas pluviais e consumo per capita nas cinco regiões do país. Com exceção da região sudeste, as outras regiões apresentaram potencial de economia de mais de 50%, demonstrando a viabilidade do uso de água pluvial para substituição de água potável em usos não potáveis, proporcionando economia.

Ghisi, Montibeller e Schmidt (2006) realizaram um estudo com dados de 62 cidades do estado de Santa Catarina, para avaliar o potencial de economia utilizando águas pluviais. Foram coletados dados de precipitação, populacionais e de área de captação da água pluvial para estabelecer a demanda de água potável. O potencial de economia de água foi calculado relacionando o volume de precipitação com a demanda de água potável para cada cidade. O valor médio de economia de água potável através da utilização de água pluvial foi de 69%, variando de 34% a 92% dependendo da demanda de água potável da cidade. Isto indica que o uso de águas pluviais pode ser uma solução viável para aliviar os problemas de disponibilidade de água no estado de Santa Catarina.

Em mais um estudo, foi analisado o potencial de economia de água potável através da utilização de águas cinzas e águas pluviais, de forma isolada ou combinadas em um condomínio residencial (GHISI; FERREIRA, 2007). Utilizando apenas água pluvial, conclui-se que o potencial de economia varia de 14,7% a 17,7%. O levantamento dos consumos de água, foi avaliado através do programa computacional Netuno o dimensionamento do reservatório para maior custo-benefício. Por fim, foi calculado o custo da implantação do sistema de aproveitamento de águas pluviais e o período de retorno. O período de retorno do investimento foi relativamente baixo, menor que cinco anos.

Desta forma, torna-se evidente a potencialidade do aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis.

2.3. Exemplos de estudo de uso de água pluvial no Brasil e no mundo

Diversos países ao redor do mundo têm desenvolvido pesquisas na área do aproveitamento de águas pluviais. Os principais objetivos destas pesquisas são analisar a quantidade de água pluvial que pode ser captada, a qualidade dessa água e o potencial de economia de água potável.

Na Espanha, apesar dos baixos índices de precipitação durante o ano e grande variabilidade da pluviosidade, o uso de um reservatório de 17m³ para água pluvial em uma residência com apenas uma família, poderia suprir 100% da demanda de água potável, para consumos como descarga do vaso sanitário e lavagem de roupas (DOMÈNECH; SAURÍ, 2011).

Um estudo na Suécia, envolvendo dois edifícios residenciais, mostrou que, juntamente com a instalação de aparelhos sanitários de baixo consumo de água, o uso de água pluvial coletada nas coberturas poderia proporcionar economia significativa de água potável. Assumindo que toda a área de cobertura da edificação seria usada para captação de água pluvial apenas para consumo na descarga do vaso sanitário, um reservatório de 40m³ seria adequado e proporcionaria economia de mais de 60% no abastecimento de água. Para o uso para lavar roupa, um reservatório de 40m³ poderia economizar 40% da demanda de água. Na combinação do uso para descargas e lavagem de roupas, haveria economia de água potável de 30%. Para a área de captação da cobertura de um bloco, um tanque de 80m³ forneceria quase 60% da água necessária para irrigação da área central dos edifícios durante os meses de verão (VILLARREAL; DIXON, 2005).

A Utilização de água pluvial em habitações unifamiliares, em edificações públicas e em indústrias vem sendo pesquisada nos últimos anos na Alemanha, por pessoas com preocupação ambiental. Um estudo feito por Herrmann e Schimida (1999) mostrou que o potencial de economia de água potável em uma casa pode variar de 30% a 60% dependendo da demanda e da área de captação do telhado.

Avaliando o potencial de economia de água utilizando águas pluviais em três cidades da Austrália, constatou-se que o potencial de economia está diretamente relacionado com a precipitação pluviométrica do local. Além disso, analisando tamanhos diferentes de reservatórios para estimar o tamanho ideal para obtenção de maior economia, de acordo com as áreas de captação, concluiu-se que o tamanho do reservatório estava diretamente ligado à área de captação. Para uma área de captação pequena, aumentar o tamanho do reservatório não proporcionaria economias significativas de água, uma vez que uma área de captação pequena não seria capaz de encher o reservatório tão frequentemente quanto uma área de captação maior (EROKSUZ; RAHMAN, 2010).

Um estudo no Irã foi realizado para avaliar a aplicação e o desempenho da captação de águas pluviais para suprir usos não potáveis de água em três cidades em diferentes regiões climáticas do país. O clima das cidades era bem diferenciado (mediterrâneo, úmido e árido), bem como os índices pluviométricos anuais em cada localidade. Concluiu-se que escolher o volume ideal do reservatório para a água pluvial é uma consideração importante para garantir a economia de água potável obtida. Para determinar esse volume ideal, a precipitação pluviométrica diária e a área de captação são fatores críticos. Além disso, concluiu-se que para cidades com precipitações médias, o desempenho do sistema é moderado, enquanto que em uma região árida a captação da água pluvial é incapaz de prover a demanda suficiente para consumo (MEHRABADIA; SAGHAFIANA; FASHIB, 2013).

Nos Estados Unidos, foi realizada uma análise do desempenho da captação de águas pluviais em 23 cidades, com diferentes características climáticas e populacionais entre si, para representar sete diferentes regiões do país. Utilizando dados de precipitação pluviométrica e demanda de água potável, o estudo objetivava, além da análise do potencial de economia de água potável, também uma análise da redução do escoamento de águas pluviais proporcionado por sistemas de captação de águas pluviais, quando utilizado em residências próximas. Os resultados mostraram que regiões com precipitações médias acima de 762mm anuais tinham potencial de economia de 90% para uso de água com fins não potáveis em residências. Para regiões com precipitações médias abaixo de 762mm, o potencial de economia variou de 20 a 50%. O estudo também demonstrou, novamente, que esse potencial de economia depende de fatores como o tamanho

do reservatório, da precipitação média e dos usos finais da água (STEFFEN *et al.*, 2013).

Conhecer o perfil de consumo das edificações, bem como os usos finais da água nas mesmas, é uma forma de poder quantificar o potencial de economia que pode ser gerado pelo aproveitamento de águas pluviais na edificação. Com esse objetivo, Barreto (2008) realizou um estudo em uma amostra de residências localizadas na zona oeste da cidade de São Paulo.

Foram selecionadas 100 residências que se enquadravam dentro de um perfil de “consumidores típicos”, com consumos mensais de 15 a 20m³. Nelas foram instalados *data-loggers* nos hidrômetros e em pontos internos da residência para medição das vazões. Também foi aplicado um questionário para caracterização do imóvel e perfil socioeconômico dos residentes.

O monitoramento do consumo total e interno foi feito por sete dias consecutivos para cobrir dias úteis e fim de semana. Após este monitoramento, os dados foram coletados, validados, analisados e convertidos para unidades de volume e vazão, de modo a calcular o consumo dos aparelhos.

O percentual de consumo diário nas residências mostrou que: 10,9% do volume diário eram utilizados na máquina de lavar roupas, 9,2% no tanquinho, 13,7% na torneira de tanque e 5,5% no vaso sanitário com caixa acoplada. Somados, estes usos correspondem a 39,3% do total do consumo diário nas residências estudadas, e poderia ser substituído por água pluvial, uma vez que não é destinado para consumo humano.

Por meio destes exemplos de estudos de utilização de água pluvial, pode-se verificar que a precipitação do local, a área de captação e os usos finais que serão substituídos por água pluvial são fatores determinantes para avaliar o desempenho do sistema de água pluvial adotado.

2.4. Dimensionamento de reservatórios

Estabelecer o tamanho do reservatório ideal é importante para garantir economia de água potável através do uso de água pluvial e viabilidade financeira, uma vez que esse é um dos itens mais caros para a implantação do sistema, impactando significativamente na viabilidade econômica do sistema.

O reservatório não pode permanecer um longo período ocioso e não pode provocar desperdício de água pluvial em detrimento ao atendimento da demanda necessária. O dimensionamento varia de região para região e para efetuar corretamente os cálculos de reservatório é fundamental o conhecimento da área de captação, dos dados pluviométricos do local, do coeficiente de escoamento de água pluvial e do volume de água potável a ser substituída por água pluvial no edifício onde será executado o sistema (AMORIM; PEREIRA, 2008).

De acordo com a NBR 15527 (ABNT, 2007), que regulamenta o uso de águas pluviais em áreas urbanas para fins não potáveis, o dimensionamento dos reservatórios pode ser feito através de seis métodos diferentes: Método de Rippl, Método da simulação, Método Azevedo Neto, Método prático alemão, Método prático inglês e Método prático australiano.

Um estudo feito na Universidade de São Carlos (AMORIM; PEREIRA, 2008) foi realizado a fim de comparar os métodos de dimensionamento descritos na NBR 15527, aplicando os mesmos a um edifício localizado no campus da universidade. Apesar de não indicarem qual o melhor método para o dimensionamento de água pluvial, avaliando os resultados para cada método separadamente, concluiu-se que os métodos práticos, por serem menos complexos e de fácil aplicação, são mais indicados em residências unifamiliares ou pequenos estabelecimentos, enquanto que os outros métodos são mais indicados para projetos maiores. Entretanto, não existe nenhuma restrição na aplicação de qualquer método a diferentes tipologias de edificações.

O que pôde ser notado com clareza, foi a grande dispersão entre os valores obtidos para os volumes de reservatórios de armazenamento de água pluvial. Pôde-se observar também que a escolha do método mais adequado deve ocorrer de

acordo com os interesses finais de implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial e também em função da região em que será implantado.

Rupp, Munarim e Ghisi (2011) também compararam os métodos da NBR 15527 para dimensionamento de reservatórios de água pluvial, além da utilização do programa computacional Netuno, onde podem ser simulados os potenciais de economia proporcionados para cada volume de reservatório.

Foram realizados diversos cenários, para três cidades com índices pluviométricos distintos. Além do dimensionamento dos reservatórios, os volumes de reservatório obtidos pelos métodos da NBR 15527 também foram simulados no Netuno para se obterem os potenciais de economia de água potável proporcionados pelos mesmos. Com isso foi possível avaliar a aplicabilidade dos métodos para diferentes condições de precipitações.

Para cada método e cada cidade foram realizados 27 casos diferentes variando-se a área de captação, a demanda de água potável, a porcentagem de substituição de água potável por pluvial e a demanda de água pluvial. Após aplicação dos métodos de dimensionamento citados na NBR15527, foi realizado o dimensionamento através do programa Netuno, versão 3.0. Para realizar os cálculos considerando a demanda e a disponibilidade de água pluvial os dados de entrada do programa são os seguintes:

- Precipitação pluviométrica diária;
- Área de captação;
- Coeficiente de aproveitamento;
- Demanda diária de água per capita;
- Número de moradores;
- Porcentagem de água potável que pode ser substituída por água pluvial.

Os métodos da NBR 15527 também foram simulados no Netuno a fim de poder comparar seus respectivos potenciais de economia, para cada cidade. De maneira geral, o estudo concluiu que os métodos apresentados na NBR 15527 mostraram-se insuficientes e inadequados para o atendimento pleno dos requisitos para dimensionamento de reservatórios de água pluvial avaliados no trabalho.

Os dimensionamentos efetuados com o Netuno foram os únicos que se ajustaram em função da demanda de água pluvial e do regime de precipitação, além do usuário poder escolher a capacidade de reservatório em função do potencial de economia de água potável que se deseja obter.

Em comparação com os volumes dimensionados em cada método, constatou-se que os métodos de Rippl, Simulação e Azevedo Neto resultam em reservatórios maiores que o ideal, contudo, sem aumento de potencial de economia de água potável, não se justificando assim os superdimensionamento proveniente destes métodos. Há ainda situações em que os reservatórios ficaram subdimensionados em função da baixa precipitação e superdimensionados em casos de alta precipitação, como por exemplo no método Prático Inglês.

Deste modo pode-se observar que o programa Netuno é um método de dimensionamento de reservatórios mais eficiente, pois além de avaliar todos os aspectos do local de instalação do sistema de água pluvial, também é possível escolher qual a melhor capacidade do reservatório de água pluvial em função do respectivo potencial de economia de água potável.

3. MÉTODO

3.1. Considerações iniciais

Este capítulo apresenta as considerações adotadas para a realização do estudo cujo objetivo é estimar o potencial de economia de água potável que pode ser obtido a partir da instalação de um sistema de aproveitamento de água pluvial em um condomínio residencial multifamiliar.

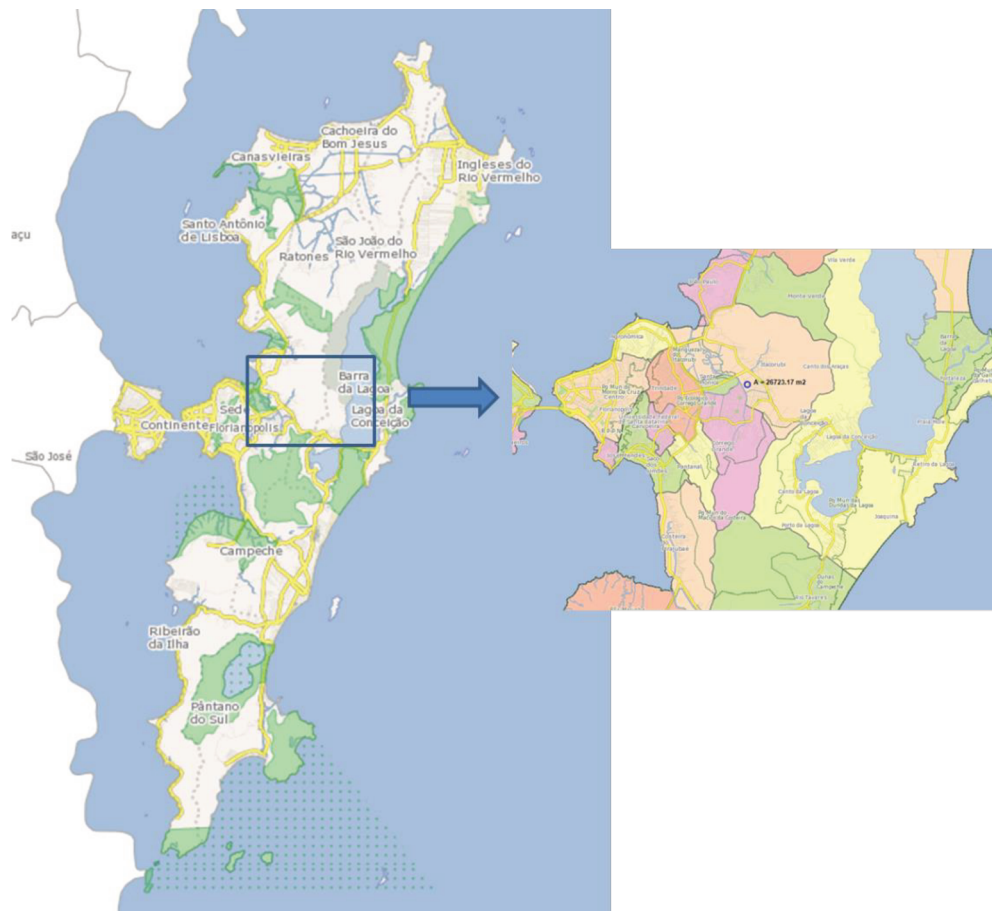
Consiste na caracterização do objeto de estudo, levantamento de dados de consumo de água através de questionários e medições de vazão. Com estes dados são estimados os usos finais da água no condomínio. Em seguida, os usos finais são comparados com os valores reais de consumo obtidos através das faturas de água do condomínio.

Para o dimensionamento do sistema será necessário o levantamento de dados de precipitação do local analisado, caracterização da área de captação, demanda de água potável e o percentual de substituição de água potável por pluvial. Os dados obtidos nesta etapa serão dados de entrada no programa Netuno para estimar o volume dos reservatórios. Após esta etapa será feita uma análise financeira, também por meio do programa Netuno, para estimar a viabilidade econômica do sistema de aproveitamento de água pluvial.

3.2. Área de estudo

A área de estudo localiza-se no bairro Itacorubi, na cidade de Florianópolis, situada no estado de Santa Catarina, conforme se pode visualizar na Figura 1. O município de Florianópolis encontra-se entre os paralelos 27°10' e 27°50' de latitude sul e os meridianos 48°20' e 48°35' de longitude oeste. A população do município é de 421.240 habitantes e sua área de 675,409 km² (IBGE, 2016).

Figura 1 – Localização do objeto de estudo no município de Florianópolis.



O clima de Florianópolis é quente e temperado, com temperatura média de 20,1 °C. Existe uma pluviosidade significativa ao longo do ano, cuja média anual é de 1462mm. De acordo com Köppen e Geiger a classificação do clima é Cfa (mesotérmico úmido e verão quente) (CLIMATE-ORG, 2016).

3.3. Objeto de estudo

O objeto de estudo é o condomínio residencial Vista Real, localizado na Rua Vereador Ramon Filomeno, número 255, Bairro Itacorubi, cuja localização e entrada do condomínio são mostradas nas Figuras 2 e 3.

Figura 2 - Localização do condomínio no Bairro Itacorubi.

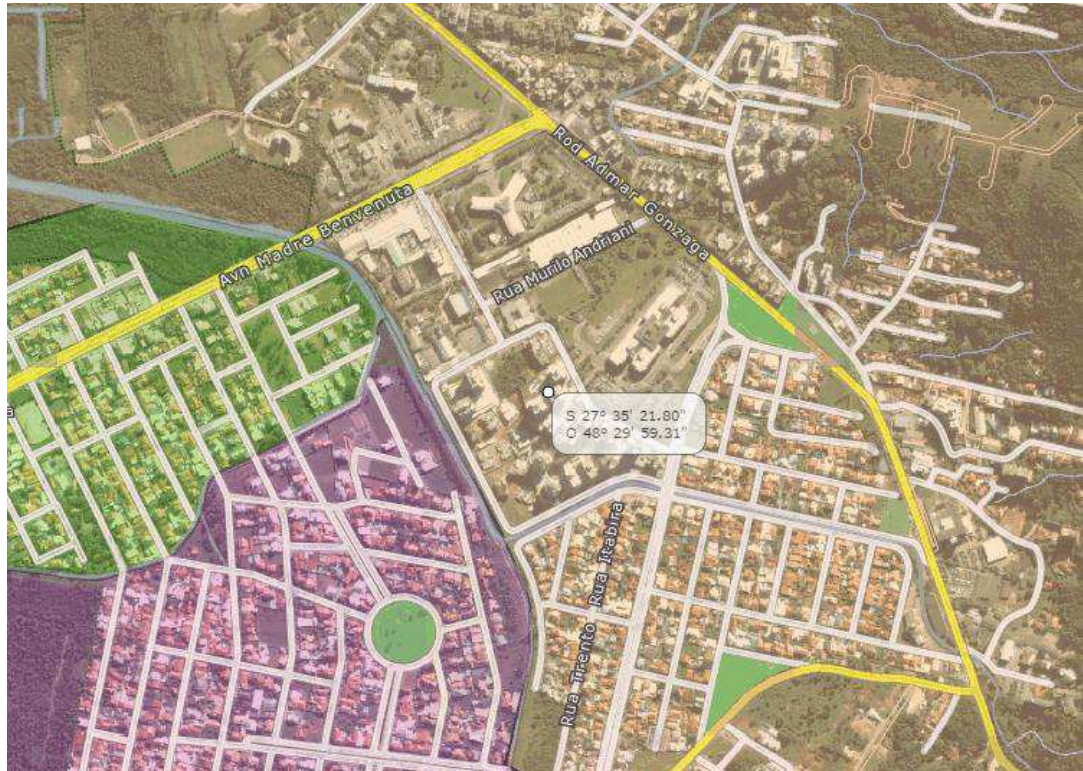


Figura 3 – Entrada do condomínio.



O condomínio possui três blocos, sendo nove andares em cada bloco e quatro apartamentos por andar, totalizando cento e oito apartamentos. É possível visualizar os blocos do condomínio por meio da Figura 4. Os apartamentos possuem

três quartos, sendo uma suíte, dois banheiros, cozinha, sala, área de serviço, sacada e dependência de empregada.

Figura 4 - Vista superior do condomínio Vista Real.



Os aparelhos sanitários existentes são vasos sanitários, lavatórios, chuveiros, pias da cozinha, tanques, máquinas de lavar roupa e máquinas de lavar louça. Cada apartamento possui originalmente três chuveiros, três vasos sanitários com caixa acoplada, três lavatórios, uma pia na cozinha e um tanque na área de serviço.

3.4. Levantamento de dados

O levantamento de dados é necessário para realizar a avaliação do consumo médio diário de água utilizado em cada aparelho sanitário. Com o consumo diário para cada aparelho é possível estimar o consumo total de água para cada morador.

Para estimativa dos usos finais de água em cada apartamento, foram realizados levantamentos através de questionários entregues aos moradores, sendo um questionário por apartamento. Também foram realizadas medições de vazão dos

aparelhos hidrossanitários e levantamento dos valores das contas de água do condomínio.

3.4.1. Levantamento de frequências e tempos de uso

Foram aplicados questionários aos moradores de cada apartamento do condomínio, com a finalidade de estimar o consumo por uso final de água.

Os questionários foram elaborados de forma a caracterizar a frequência e o tempo de uso de cada aparelho durante os dias da semana e finais de semana, pois os consumos são diferenciados durante estes períodos. Busca-se assim minimizar erros que poderiam ocorrer devido aos consumos diferentes nestes períodos.

Os questionários foram elaborados de forma que os usos gerais possam ser respondidos por qualquer morador do apartamento. Há também uma parte direcionada ao responsável pela limpeza e ao responsável pelas refeições. Os questionários encontram-se no Apêndice A.

Após o preenchimento destes questionários é possível obter as frequências e tempos de uso dos aparelhos hidrossanitários de cada apartamento. Posteriormente estes valores de frequências e tempos de uso foram utilizados para calcular os consumos diários de cada equipamento. Os usos finais para cada aparelho hidrossanitário foram considerados de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1 - Usos finais dos aparelhos hidrossanitários.

Aparelho	Uso
Chuveiro	Banho
Vaso Sanitário	Descarga
Lavatório	Escovar os dentes
	Lavar as mãos
	Lavar o rosto
	Fazer a barba
Pia	Lavar a louça
	Cozinhar
Máquina de lavar louça	Lavar louça
Máquina de lavar roupa	Lavar roupa
Tanque	Tanque
	Limpeza

3.4.2. Medição de vazões

Além da aplicação dos questionários, efetuou-se também a medição da vazão dos aparelhos hidrossanitários. As medições foram realizadas nas torneiras dos lavatórios, pia da cozinha e área de serviço, e nos chuveiros.

Foi medida a vazão em três apartamentos em diferentes andares (primeiro, quinto e oitavo andar) em virtude das diferenças de pressão.

A estimativa da vazão dos aparelhos foi considerada das formas descritas a seguir. Para as máquinas de lavar roupa e lavar louça foram consideradas as respostas dos questionários, nos quais os moradores indicaram o modelo e a capacidade de cada máquina, que posteriormente foi relacionada com a capacidade em litros, através das informações do fabricante.

Para os vasos sanitários, de acordo com os questionários, contatou-se que se trata de modelos com caixa de descarga acoplada, conforme original entregue pela construtora. Por este motivo, foi adotado o consumo de água por descarga acordo com modelo, que é de 6 litros por descarga.

Para as torneiras dos lavatórios, da cozinha e do tanque e para os chuveiros foi realizada a medição do tempo necessário para que o aparelho aberto consiga

encher um recipiente com volume pré-estabelecido. Foram efetuadas três medições de tempo para cada aparelho e calculada a média das amostras.

O cálculo da vazão para as torneiras dos lavatórios, da pia e do tanque e para os chuveiros foi realizado por meio da Eq. 3.1.

$$Q = \frac{V}{t} \quad \text{[Eq. 3.1]}$$

Onde:

Q é a vazão do aparelho (litros/segundos);

V é o volume do recipiente de medição (litros);

t é o tempo cronometrado (segundos).

Através destas medições foi encontrado um valor médio de vazão para cada aparelho em cada apartamento. Em seguida foi calculada uma vazão média destes valores, sendo esta utilizada nos cálculos de consumo.

3.4.3. Estimativa dos Usos Finais

Os usos finais de consumo de cada aparelho foram estimados através dos dados obtidos nos questionários e nas medições de vazões dos aparelhos. O cálculo foi realizado multiplicando-se a frequência diária obtida nos questionários, pela vazão média. Para o consumo das torneiras dos lavatórios, pias da cozinha e dos chuveiros o cálculo foi efetuado por meio da Eq. 3.2.

$$C = f \times t \times Q \quad \text{[Eq. 3.2]}$$

Onde:

C é o consumo diário estimado individualmente para torneiras dos lavatórios, pias da cozinha e chuveiros (litros);

f é a frequência de utilização do aparelho (número de vezes/dia);

t é o tempo de uso (segundos);

Q é a vazão do aparelho, conforme Eq. 3.2 (litros/segundo).

O consumo de água utilizada para cozinhar e para efetuar a limpeza do apartamento foi realizado por meio da Eq. 3.3.

$$C = f \times V \quad \text{[Eq. 3.3]}$$

Onde:

C é o consumo diário estimado individualmente para torneiras da cozinha e do tanque (litros);

f é a frequência de utilização do aparelho (número de vezes/dia);

V é o volume utilizado para a atividade (litros).

Para calcular o consumo das máquinas de lavar louça e lavar roupa foi utilizada a Eq. 3.4. Este cálculo leva em consideração, além da frequência semanal que o equipamento é utilizado, também a capacidade do aparelho, através do seu modelo de fabricação, bem como o número de ciclos. Para um ciclo de lavagem foi considerada a capacidade máxima da máquina cheia, pois de acordo com as respostas dos moradores, o mais comum é a utilização da máquina na capacidade máxima.

$$C = f \times c \times n \quad \text{[Eq. 3.4]}$$

Onde:

C é o consumo diário (litros);

f é a frequência de utilização do aparelho (número de vezes/dia);

c é a capacidade da máquina (litros);

n é o número de ciclos de lavagem das máquinas de lavar roupa e de lavar louça.

Para obtenção do valor de uso final dos vasos sanitários foi multiplicado o consumo de água (em litros) utilizado no acionamento de uma descarga, de acordo com informações do fabricante, pela frequência de utilização em cada apartamento. O valor do consumo de água para cada descarga é de 6 litros.

De acordo com o questionário, cada uso terá dois consumos médios: um para os dias úteis e um para os finais de semana. As Eqs. 3.2 a 3.4 foram utilizadas duas

vezes, uma para obter os valores de consumo dos dias úteis e outra para obter os valores de consumo dos finais de semana. Após o cálculo desses consumos foi efetuada uma média ponderada para obtenção de um consumo diário médio para cada uso, conforme Eq. 3.5.

$$C_m = \frac{(C_{dias\ úteis} \times 5) + (C_{fds} \times 2)}{7} \quad \text{[Eq. 3.5]}$$

Onde:

C_m é o consumo médio diário de cada aparelho (litros/dia);

$C_{dias\ úteis}$ é o consumo de cada aparelho nos dias úteis (litros);

C_{fds} é o consumo de cada aparelho nos finais de semana (litros).

Após o cálculo do consumo diário foi efetuada então a divisão dos valores de consumo pelo número de moradores de cada apartamento para obtenção do consumo médio diário per capita (L/pessoa.dia) a fim de comparar este valor com o obtido através das faturas da concessionária.

Com a estimativa dos valores dos consumos diários médios individuais de cada aparelho foi então obtido o consumo total de água, através do somatório destes consumos individuais. Tomando como referência o consumo total de água, pode-se descrever a proporção que cada parcela individual é utilizada em cada apartamento, conforme Eq. 3.6.

$$P_{individual} = \frac{C_m}{C_{total}} \times 100 \quad \text{[Eq. 3.6]}$$

Onde:

$P_{individual}$ é a porcentagem do uso final no consumo;

C_m é o consumo médio do aparelho (litros/dia);

C_{total} é o consumo total dos aparelhos (litros/dia).

Esta porcentagem individual de cada uso foi utilizada para definir o percentual de substituição de água tratada por água pluvial. A obtenção do percentual de substituição será descrita no item 3.5.5.

3.4.4. Consumo medido pela CASAN

Cada bloco tem seu consumo medido individualmente. Foram obtidas as faturas de consumo de água, fornecidas pela síndica do condomínio, as quais estavam arquivadas nos balancetes mensais. Os dados obtidos do período compreendido entre Janeiro de 2012 e Abril de 2016.

Os consumos de água de cada bloco foram necessários para poder realizar uma comparação entre os valores de consumo reais com o consumo diário estimado através dos levantamentos de vazões dos aparelhos juntamente com as frequências e os tempos obtidos por meio das respostas dos questionários. Esta comparação objetiva avaliar possíveis discrepâncias entre o consumo real e o estimado. Isto pode ocorrer, pois os questionários foram respondidos pelos próprios moradores, podendo ocorrer erros nas respostas, ou ainda, o morador possuir hábitos diferenciados dos usos médios dos moradores.

Utilizando o consumo médio mensal de cada bloco obtido através das faturas de água e dividindo este valor pelo número de moradores dos apartamentos de cada bloco foi possível calcular o consumo médio per capita mensal de água. O número de moradores foi obtido através dos registros do condomínio fornecidos pela síndica.

O consumo médio estimado foi então dividido por 30 dias para obter-se o consumo médio per capita diário em cada bloco. Para obtenção do consumo médio diário per capita utilizou-se a Eq. 3.7.

$$C = \frac{C_m \times 1000}{N_m \times 30} \quad \text{[Eq. 3.7]}$$

Onde:

C é o consumo médio diário per capita (litros/ pessoa.dia);

C_m é o consumo médio mensal medido pela Casan (m³/mês);

N_m é o número total de moradores por bloco.

3.5. Avaliação do Sistema de Captação de Água Pluvial

O dimensionamento do reservatório para armazenar a água necessária para o funcionamento do sistema de captação de água pluvial foi simulado com o auxílio do programa computacional Netuno 4. Através deste programa é possível realizar a simulação dos volumes para obtenção do volume que proporcionará o melhor potencial de economia de água potável. Foram utilizados como dados de entrada no programa os valores de precipitação, a área de captação, o coeficiente de escoamento superficial e a demanda de água potável que pode ser substituída por água pluvial.

3.5.1. Dados de Precipitação

As informações de precipitação diárias foram obtidas através de coleta de dados realizada pela estação meteorológica da Epagri/Ciram, localizada no bairro Itacorubi. Os dados obtidos são do período compreendido entre 01/01/2000 e 03/05/2016.

Para serem utilizados no programa Netuno estes registros devem estar em formato CSV (Valores Separados por Vírgulas), com um dado por linha (GHISI; CORDOVA, 2014).

Além disso, os dias que não estiverem preenchidos serão considerados sem precipitação. Também deve ser definido um valor de descarte de precipitação inicial (em mm). Para valores de precipitação que estejam abaixo deste valor de descarte a precipitação será desconsiderada. Este valor consiste na simulação do descarte da primeira chuva, para limpeza da sujeira acumulada na cobertura, por exemplo. O valor adotado para o descarte de precipitação inicial é de 2mm, conforme recomendado pela NBR 15527 (ABNT, 2007).

3.5.2. Área de Captação

De acordo com a NBR 15527 (ABNT, 2007) a área de captação é dada pela projeção horizontal da superfície impermeável da cobertura onde a água será captada.

Através das plantas de coberturas dos blocos foi possível determinar sua área de captação para poder utilizar como dado de entrada no Netuno.

3.5.3. Coeficiente de Escoamento Superficial

O coeficiente de escoamento superficial é um dado de entrada que depende principalmente do tipo de superfície onde ocorre a captação da água pluvial. É utilizado para representar o percentual do volume total de precipitação que é coletado pelo sistema de água pluvial, desconsiderando o que é perdido por absorção e por evaporação.

No caso do objeto de estudo, o material da cobertura são telhas de fibrocimento e o valor de coeficiente adotado foi de 0,80 (ROCHA, 2009).

3.5.4. Demanda de Água Potável

A demanda de água potável consiste na quantidade necessária de água para atender os usuários da edificação. Este valor pode ser obtido por meio dos questionários, sendo possível estimar o consumo diário total para cada bloco. Primeiramente calculou-se a média diária de consumo por pessoa para cada apartamento e depois efetuou-se a média dos consumos de todos os moradores que responderam os questionários, resultando em um valor de litros por dia que cada pessoa consome.

Outra possibilidade, mais fiel aos valores reais de consumo diário, é a utilização dos valores obtidos mediante utilização da Eq. 3.7 para o cálculo de consumo médio per capita. Este valor é obtido por meio do cálculo utilizando os valores contidos nas faturas de água do condomínio. O valor de entrada no programa deve ser em litros per capita/dia.

3.5.5. Porcentagem de Substituição de Água Potável por Pluvial

A partir dos dados de usos finais da água na edificação é possível definir a porcentagem de água potável que pode ser suprida por água pluvial. Foi definido que os aparelhos que podem utilizar água pluvial são o tanque, a máquina de lavar roupa e os vasos sanitários. A porcentagem final foi elaborada a partir dos

percentuais de cada uso que será substituído por água pluvial, conforme descrito na Eq. 3.8.

$$P_{sub_{Total}} = P_{Tanque} + P_{MLR} + P_{VS} \quad \text{[Eq. 3.8]}$$

Onde:

$P_{sub_{Total}}$ é a porcentagem total de substituição;

P_{Tanque} é a porcentagem de água utilizada nos tanques;

P_{MLR} é a porcentagem de água utilizada nas máquinas de lavar roupa;

P_{VS} é a porcentagem de água utilizada nos vasos sanitários.

3.5.6. Volume do Reservatório

Para realizar a simulação do volume do reservatório através do programa Netuno são necessários os seguintes dados de entrada, descritos anteriormente: área de captação (m²), demanda total de água (litros per capita/dia), número de moradores, percentual da demanda total a ser substituída por água pluvial e coeficiente de escoamento superficial.

Para definir o volume do reservatório de água pluvial é necessário saber os usos nos quais a água pluvial pode ser utilizada para pluvial para substituir a água tratada. A água pluvial foi utilizada na máquina de lavar roupa, nos tanques e vasos sanitários, sendo estes fins não potáveis. Para o tratamento desta água é necessário apenas cloração.

O programa Netuno é utilizado para estimar o potencial de economia de água potável, analisando diversos volumes de reservatório, de forma a encontrar o ideal para o estudo realizado. O volume do reservatório superior será adotado como o valor da demanda diária para cada bloco. A análise foi realizada separadamente para os três blocos do condomínio.

Para estimativa do volume do reservatório inferior há a possibilidade de escolher um volume de reservatório conhecido ou então efetuar a simulação variando o volume deste reservatório até um valor máximo, em intervalos definidos pelo usuário. Há ainda a possibilidade de solicitar que o programa indique qual o

volume ideal para o reservatório inferior, sendo este o volume que proporcionar diferenças entre potenciais de economia que variem menos que uma porcentagem definida para cada aumento de volume do reservatório.

Optou-se por simular o reservatório com diversos volumes, até encontrar um volume em que a diferença entre potenciais de atendimento pluvial fosse menor ou igual a 0,5% em relação ao volume anterior.

3.6. Análise econômica

Posteriormente à determinação do volume de reservatório para cada edifício do condomínio foi realizada uma análise de viabilidade econômica dos custos de implantação do sistema de reaproveitamento de água pluvial bem como o período de retorno do investimento.

O programa Netuno permite avaliar a viabilidade financeira através da criação de um fluxo de caixa. Esse fluxo de caixa é simulado através da utilização dos custos iniciais (como materiais e mão de obra) e operacionais (como a energia consumida pela motobomba e a manutenção) e a economia que será proporcionada pelo sistema de aproveitamento de água pluvial, através das tarifas de água.

Com este fluxo de caixa o programa torna possível determinar o valor presente líquido, o tempo de retorno do investimento e a taxa interna de retorno, para avaliar a viabilidade do investimento.

É necessário realizar um levantamento dos custos iniciais do sistema. Para isso, uma vez que não se conta com um projeto completo, foram orçados os reservatórios e as motobombas. Para avaliar os gastos com tubulações, conexões e filtros, foi adotada uma porcentagem do montante final orçado. Segundo Ferreira (2005), um fator de 15% sobre o total do orçamento pode ser arbitrado para suprir os custos de materiais (tubos, conexões e filtros) e de instalação interna na edificação.

Os custos dos reservatórios foram obtidos através de pesquisa de preço em duas lojas da região de Florianópolis. Foi adotado o menor valor obtido para cada reservatório. Os custos de mão de obra para instalação dos reservatórios foram

considerados segundo a tabela do Deinfra para preços de obras e edificações de Junho de 2015.

É importante ressaltar que não se pretende instalar o sistema de aproveitamento de água pluvial na edificação existente, o que acarretaria custos adicionais com reforma. Considera-se apenas um estudo para servir de referência para novas edificações semelhantes.

As motobombas foram dimensionadas de acordo com a NBR 5626 (ABNT, 1998). Conforme prescrito em Norma, as instalações elevatórias devem possuir ao menos duas motobombas independentes para garantir o abastecimento de água no caso de falha em uma das unidades. O cálculo da potência da motobomba é efetuado conforme a Eq. 3.9.

$$P = \frac{Q \times H_{man}}{75R} \quad [\text{Eq. 3.9}]$$

Onde:

P é a potência necessária para a motobomba (CV);

Q é a vazão de recalque (L/s);

H_{man} é a altura manométrica dinâmica (m);

R é o rendimento da motobomba (adimensional).

O rendimento das motobombas é calculado por meio da Eq. 3.10.

$$R = \frac{P_a}{P_m} \quad [\text{Eq. 3.10}]$$

Onde:

R é o rendimento da motobomba (adimensional);

P_a é a potência aproveitável (CV);

P_m é a potência nominal (CV).

As faixas de rendimento das motobombas são indicadas na Tabela 2.

Tabela 2 - Rendimento da motobomba em função da potência.

Rendimento (%)	Potência (CV)
40 a 60	< 2
70 a 75	2 < P < 5
80	>5

A altura manométrica é calculada através da Eq. 3.11.

$$H_{man} = H_{man(rec)} + H_{man(suc)} \quad \text{[Eq. 3.11]}$$

Onde:

H_{man} é a altura manométrica (m);

$H_{man(rec)}$ é a altura manométrica de recalque (m);

$H_{man(suc)}$ é a altura manométrica de sucção (m).

As alturas manométricas de recalque e sucção são dadas respectivamente por meio das Eqs. 3.12 e 3.13.

$$H_{man(rec)} = H_{est(rec)} + J_{(rec)} \quad \text{[Eq. 3.12]}$$

Onde:

$H_{man(rec)}$ é a altura manométrica de recalque (m);

$H_{est(rec)}$ é a altura estática de recalque (m);

$J_{(rec)}$ é a perda de carga no recalque (m).

$$H_{man(suc)} = H_{est(suc)} + J_{(suc)} \quad \text{[Eq. 3.13]}$$

Onde:

$H_{man(suc)}$ é a altura manométrica de sucção (m);

$H_{est(suc)}$ é a altura estática de sucção (m);

$J_{(suc)}$ é a perda de carga na sucção (m).

Para efetuar o cálculo da altura manométrica, são necessários os valores das perdas de carga de recalque e sucção. Como não existe um projeto executivo do sistema de aproveitamento de água pluvial, estes valores foram apenas estimados. O valor adotado para as perdas foi de 10% dos valores de altura de recalque e de sucção, pois segundo Arsego (2009), o valor estimado para estas perdas pode variar, porém, esta variação tem baixa influência para o resultado final do trabalho em questão.

Para as alturas estáticas de recalque foram consideradas a altura do solo até a caixa d'água de cada prédio. A altura estática de sucção, compreendida pela medida do ponto de sucção de água até a motobomba, foi estimada em dois metros.

O período de reajuste das tarifas de água e esgoto e de energia elétrica foi definido conforme o que é praticado pela CASAN e pela CELESC, respectivamente, comumente um período de 12 meses. Os valores das taxas de água, esgoto e energia elétrica foram obtidos através dos valores de tarifa aplicados, respectivamente, pelas concessionárias de água e energia para o mês de maio de 2016. Também foram utilizados os valores de impostos como PIS e COFINS aplicados nas tarifas de água.

A taxa de inflação considerada foi obtida através dos valores mensais do IPCA – Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo. O mês adotado foi o último disponível, que data de maio de 2016.

O período de análise do projeto adotado foi de 20 anos, por ser um intervalo de tempo comumente utilizado em outros estudos similares. A taxa mínima de atratividade adotada foi de 1% ao mês, por ser a mesma utilizada em fundos de renda fixa.

Com estes dados de entrada foi possível calcular o valor presente líquido, o tempo de retorno do investimento e a taxa interna de retorno no período analisado para cada bloco separadamente.

4. Resultados

4.1. Considerações Iniciais

Neste capítulo serão apresentados os resultados referentes aos estudos realizados no condomínio Vista Real, através da aplicação dos procedimentos descritos no método.

Para realização deste estudo foi feita uma análise do potencial de economia de água potável que seria possível obter através da utilização de um sistema de água pluvial. Efetuou-se levantamento de dados através de questionários entregues aos moradores de cada apartamento para definição das porcentagens dos usos finais não potáveis que poderiam ser substituídos por água pluvial. Em seguida foi realizado o dimensionamento dos reservatórios para cada bloco individualmente através do programa Netuno. Então, foi feita uma análise econômica para determinação da viabilidade do sistema.

Este capítulo é apresentado seguindo a mesma estruturação do capítulo anterior para melhor entendimento.

4.2. Levantamento de dados

Foram realizados levantamentos de dados através de questionários entregues aos moradores, medições de vazões, faturas de consumo de água, dados das precipitações pluviométricas e dados das áreas de captação.

4.2.1. Frequências e Tempos de Uso

Os questionários foram entregues aos moradores de todos os apartamentos e prescrito um prazo para resposta. Ao final do primeiro prazo poucos questionários haviam sido respondidos, fazendo-se necessário um segundo prazo e um segundo pedido aos moradores para entrega dos questionários.

Após este segundo prazo obteve-se uma amostra maior, porém, os resultados obtidos através das respostas corresponderam a valores de consumos muito acima dos valores obtidos pela média das faturas da concessionária.

Os moradores foram orientados a responder da forma mais correta possível, buscando registrar os reais consumos e durações dos usos dos aparelhos hidrossanitários. Porém, como os questionários foram respondidos sem auxílio e através de estimativas e médias dos próprios moradores o resultado final apresentou um consumo consideravelmente maior que o registrado pela concessionária.

De modo que os valores de usos finais foram utilizados em forma de porcentagem do consumo de água como dados de entrada para o cálculo dos reservatórios, optou-se por avaliar estes percentuais de demanda variando o percentual obtido em +10% e -10%, com intervalos de 5%, a fim de simular os cenários possíveis.

Na Tabela 3 encontram-se as informações de frequências e durações de uso dos aparelhos hidrossanitários colhidas através dos questionários para os apartamentos.

Tabela 3 - Frequências e durações médias de utilização dos aparelhos hidrossanitários por pessoa.

Uso	Bloco Baía Norte		Bloco Baía Sul		Bloco Ilha dos Guarás	
	Frequência média (vezes/dia)	Duração média (min)	Frequência média (vezes/dia)	Duração média (min)	Frequência média (vezes/dia)	Duração média (min)
Banho	1,1	9,4	1,4	9,3	1,2	9,4
Descarga	4,0	-	4,2	-	3,8	-
Escovar os dentes	2,8	1,1	2,9	1,3	3,0	1,1
Lavar as mãos	4,3	0,4	4,1	0,6	3,9	0,6
Lavar o rosto	1,3	0,4	1,2	0,6	1,2	0,7
Fazer a barba	0,1	2,8	0,2	1,4	0,1	1,6
Lavar a louça	1,0	6,4	1,1	6,3	1,0	6,5
Máquina de lavar louça	0,1	-	0,1	-	0,1	-
Cozinhar	0,6	-	0,9	-	0,9	-
Máquina de lavar roupa	0,2	-	0,4	-	0,2	-
Tanque	0,2	-	0,2	-	0,2	-
Limpeza	0,2	-	0,2	-	0,2	-
Outros	0,0	-	0,0	-	0,0	-

4.2.2. Medição das Vazões

Os resultados obtidos para as medições das vazões em cada apartamento, bem como a vazão média encontram-se na Tabela 4.

Tabela 4 - Vazões medidas em apartamentos do bloco Baía Norte e Média das vazões.

Aparelho	Vazão (L/s)			
	Apto 103	Apto 504	Apto 803	Média
Chuveiro	0,088	0,076	0,071	0,08
Torneira do lavatório	0,225	0,198	0,173	0,20
Pia da cozinha	0,177	0,123	0,111	0,14
Tanque	0,236	0,206	0,186	0,21

Comparando as vazões obtidas com a NBR 5626 (1998) percebe-se que a vazão medida para os lavatórios resultou em um valor acima do considerado em Norma, que é de 0,15 L/s. Em contrapartida, para a vazão da pia o valor considerado é de 0,25 L/s. Os valores medidos para o tanque e para o chuveiro encontram-se em acordo com o apresentado em Norma, respectivamente de 0,1 e 0,25 L/s. Os valores utilizados para os cálculos de consumo de água foram os valores médios, arredondados com duas casas decimais.

Os consumos médios estimados por pessoa através dos questionários podem ser visualizados na Tabela 5. Constatou-se, principalmente, um valor elevado para os usos realizados nos lavatórios, em destaque para escovar os dentes e lavar as mãos. Este consumo elevado pode ter se dado em função dos tempos obtidos através dos questionários, onde as durações médias das atividades apresentaram valores elevados, juntamente com o fato das torneiras dos lavatórios possuírem uma vazão mais elevada do que os outros aparelhos medidos.

Lavar a louça na pia também foi um dos usos que mais consumiu água potável, devido à duração de tempo de uso do aparelho estimada para a atividade conforme resposta dos moradores ao questionário.

Tabela 5 - Consumos estimados por meio das informações obtidas nos questionários.

Uso	Média do consumo (L/pessoa.dia)		
	Baía Norte	Baía Sul	Ilha dos Guarás
Banho	49,3	52,2	52,7
Descarga	24,1	20,2	21,2
Escovar os dentes	36,6	35,3	41,7
Lavar as mãos	23,0	24,6	29,5
Lavar o rosto	6,9	8,0	9,8
Fazer a barba	3,7	3,9	4,5
Lavar a louça	51,0	48,1	52,4
Máquina de lavar louça	1,1	0,5	0,8
Cozinhar	1,9	4,0	4,0
Máquina de lavar roupa	28,4	40,2	29,6
Tanque	0,6	0,8	2,3
Limpeza	1,2	2,8	2,3
Outros	0,1	0,1	0,1
Total	227,9	240,8	251,0

4.2.3. Estimativa dos Usos Finais

Estimar os usos finais é uma etapa importante, pois define a porcentagem de água potável que poderá ser substituída por água pluvial. Este dado como entrada no programa Netuno através da porcentagem de substituição é imprescindível para poder calcular os volumes de reservatório e do potencial de economia de água potável.

Após a medida das vazões, utilizando os dados fornecidos pelos moradores de cada apartamento através dos questionários e utilizando as equações descritas no capítulo anterior foi possível calcular o consumo médio diário de água em cada apartamento.

Para calcular o consumo médio diário per capita em cada bloco, efetuou-se a média dos consumos médios de cada apartamento. Os resultados dos consumos de cada uso final para cada bloco são apresentados através de seus percentuais correspondentes na Tabela 6.

Tabela 6 - Percentuais de consumo diário de água potável para cada uso nos blocos.

Uso	Média do consumo (%)		
	Baía Norte	Baía Sul	Ilha dos Guarás
Banho	21,6	21,7	21,0
Descarga	10,6	8,4	8,4
Escovar os dentes	16,0	14,7	16,6
Lavar as mãos	10,1	10,2	11,7
Lavar o rosto	3,0	3,3	3,9
Fazer a barba	1,6	1,6	1,8
Lavar a louça	22,4	20,0	20,9
Máquina de lavar louça	0,5	0,2	0,3
Cozinhar	0,9	1,7	1,6
Máquina de lavar roupa	12,5	16,7	11,8
Tanque	0,8	1,5	1,9
Total	100,0	100,0	100,0

Através das respostas obtidas nos questionários verificou-se que quando respondido o item “Outros”, este item sempre correspondia à rega de plantas. Sendo assim, foi considerada a utilização juntamente com a água do tanque.

Através da Tabela 6 pode-se visualizar que a média dos percentuais de consumo diário para cada uso foi bastante próxima comparando os resultados para cada bloco entre si. Desta forma pode-se inferir que os consumos dos moradores dos três blocos utilizam a água potável de maneiras semelhantes.

Comparando os percentuais obtidos para as torneiras dos lavatórios com outros estudos similares, nota-se que estes consumos resultaram em valores muito elevados, uma média de 30% dos usos finais neste trabalho, comparado com aproximadamente 6% do estudo de Arsego (2009) e 12,4% do estudo de Ferreira (2005). Isto pode ter ocorrido principalmente devido a erros ocorridos nas respostas indicadas pelos moradores nos questionários, onde o morador pode ter utilizado como resposta o tempo total da atividade, não necessariamente o tempo que a torneira estava aberta, para atividades como escovar os dentes e fazer a barba. Outro fator que pode ter contribuído para este percentual elevado de consumo de água nos lavatórios foi o valor elevado da vazão considerado para as torneiras. As torneiras em questão são do tipo monocomando e apresentaram vazão de saída

elevada nas medições. Além disso, o consumo sendo calculado através do valor médio da vazão faz com que não sejam consideradas as diferenças de vazão durante o uso do aparelho.

O valor da descarga nos outros trabalhos que serviram de referência variou de um percentual de 13% a aproximadamente 33%. O percentual encontrado neste trabalho, com um valor médio de 9% do total, apresenta um valor mais baixo que o esperado, devido ao fato de se tratarem de vasos sanitários com caixa acoplada. Estes vasos sanitários apresentam consumo de 6L por fluxo, o que acarreta uma considerável economia no consumo de água em comparação com outros aparelhos, como descarga com válvula, onde o consumo de água é de aproximadamente 1,7 L/s, fazendo com que em acionamento da válvula por mais de três segundos apresente um consumo de água maior do que o da caixa acoplada.

Para os percentuais da pia da cozinha, os valores médios encontram-se em torno de 20% do uso total de água potável. Verificou-se que em outros estudos similares, os valores para uso da pia da cozinha para lavar louça variou entre 15% e 30%, enquanto que os percentuais para preparação de alimentos correspondem a 1% do valor total dos usos de água em cada apartamento.

O consumo da máquina de lavar roupas também apresentou resultados semelhantes aos consumos estimados no trabalho de Arsego (2009), resultando em um valor aproximado de 13,5%.

O que se pode concluir através destas comparações com outros trabalhos similares é que os usos finais dependem principalmente da coerência no preenchimento dos questionários pelos moradores. Constata-se que estes valores finais advêm da rotina de cada morador e seus hábitos no consumo de água. Não há na literatura um consenso a respeito dos valores correspondentes aos percentuais de usos finais de água, pois cada objeto de estudo possui características diferenciadas. O que se pode fazer é comparar os resultados obtidos para verificação de semelhanças.

4.2.4. Consumo medido pela Casan

Os valores medidos pela Casan dos anos de 2012 a 2016 foram auferidos através das faturas do condomínio e encontram-se discriminados juntamente com os custos nas Figuras 5 a 7, para cada bloco separadamente.

Figura 5 - Consumo mensal de água e valor das faturas Casan - Bloco Baía Norte.

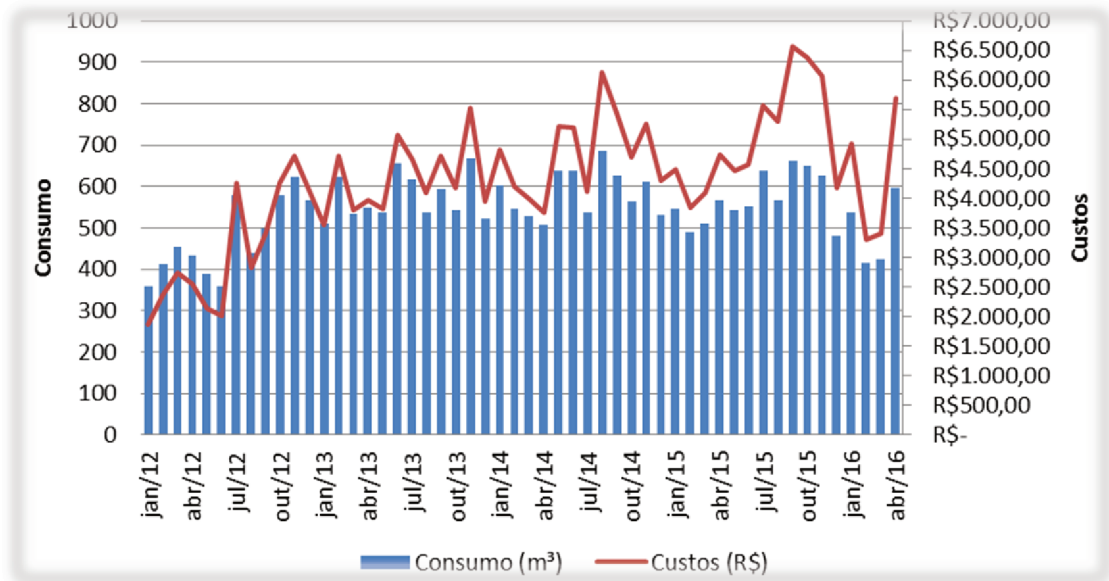


Figura 6 - Consumo mensal de água e valor das faturas Casan - Bloco Baía Sul.

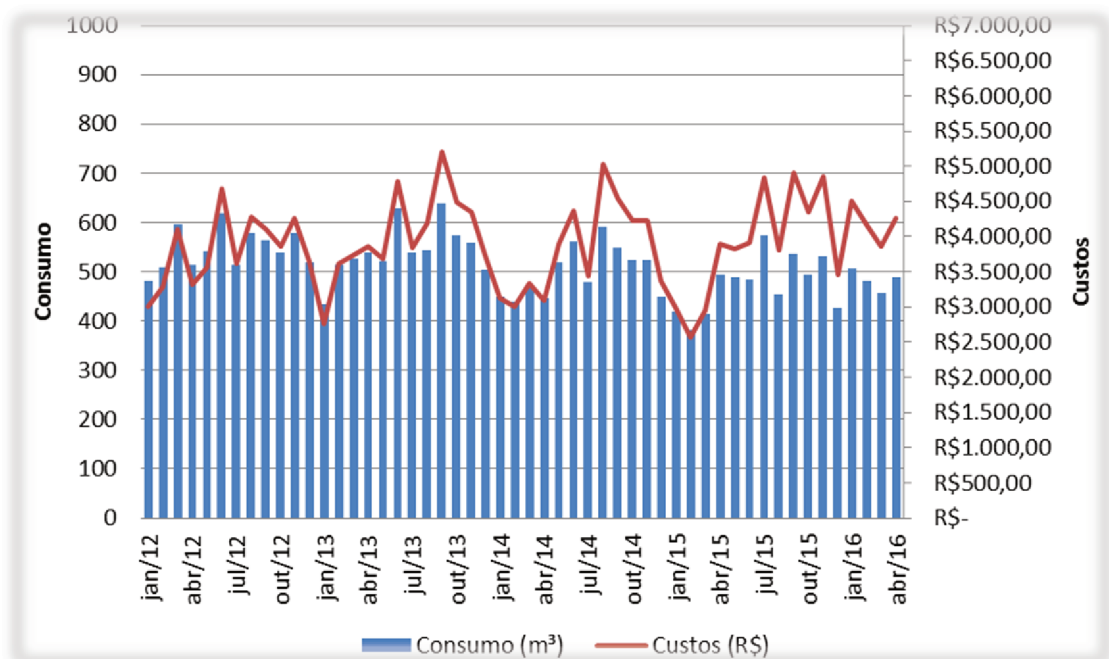
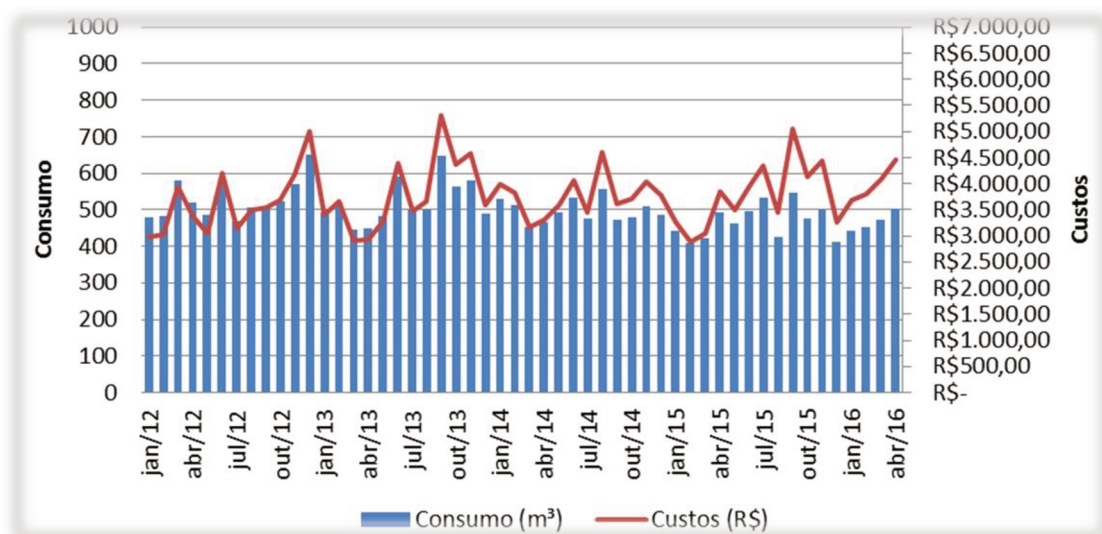


Figura 7 - Consumo mensal de água e valor das faturas Casan - Bloco Ilha dos Guarás.



Observa-se que os três blocos possuem consumos médios ao longo deste período de aproximadamente 500m³/mês. O bloco Baía Norte é o que possui os maiores consumos médios, muito provavelmente por ser o bloco com maior número de moradores.

Para a estimativa do consumo médio mensal optou-se por utilizar o período de Janeiro de 2014 a Abril de 2016 para obtenção de valores mais atuais e próximos do período de levantamento, permitindo uma comparação aproximada do consumo real. Os consumos médios mensais para cada bloco podem ser visualizados na Tabela 7.

Tabela 7 - Consumo médio mensal para cada bloco (m³).

Consumo médio mensal (m³)	
Baía Norte	564,86
Baía Sul	486,71
Ilha dos Guarás	480,29

De acordo com dados fornecidos pela síndica do condomínio foi possível saber com precisão o número de moradores de cada bloco, para então calcular o consumo médio diário per capita. Conforme descrito no capítulo anterior, o consumo médio diário per capita é calculado dividindo-se o consumo médio mensal pelo

número de moradores por apartamento, para cada bloco, desconsiderando os apartamentos desocupados. Constatou-se que o bloco Baía Norte possui 110 moradores e um apartamento desocupado. O bloco Baía Sul possui 101 moradores e nenhum apartamento desocupado. O bloco Ilha dos Guarás possui 106 moradores e um apartamento desocupado. O consumo médio diário per capita para cada bloco encontra-se na Tabela 8.

Tabela 8 - Consumo médio diário per capita para cada bloco.

Consumo médio diário (L/pessoa.dia)	
Baía Norte	171,2
Baía Sul	160,6
Ilha dos Guarás	151,0

Comparando estes valores de consumo médio diário per capita obtidos através das faturas da Casan com os valores obtidos através dos questionários observa-se que apresentam uma diferença elevada. Esta diferença ocorre principalmente pelas incertezas nas respostas dos moradores aos questionários, onde os tempos de uso dos aparelhos podem ter sido considerados acima do realmente utilizado, fazendo com que o consumo estimado resultasse em um valor maior do que o consumo medido. Devido a tais incertezas, optou-se por utilizar como valor de entrada no programa para a demanda diária de água potável o valor obtido através das faturas da Casan, por corresponderem aos valores reais de consumo para cada bloco.

4.3. Avaliação do Sistema de aproveitamento de água pluvial

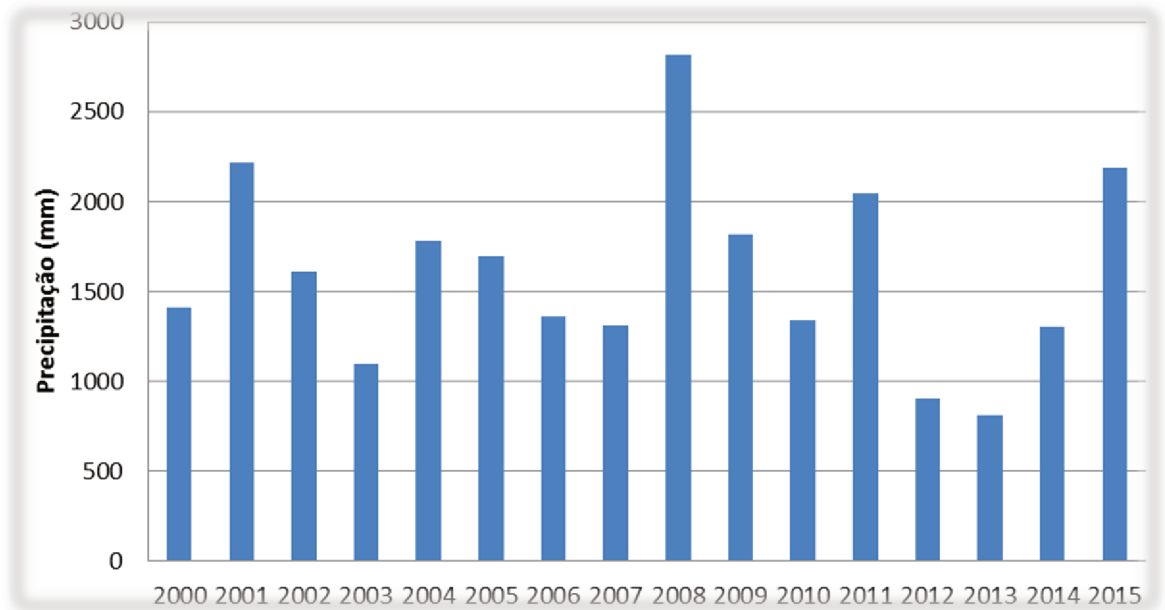
4.3.1. Dados de Precipitação

Os dados de precipitação pluviométrica diários foram obtidos através da estação meteorológica da Epagri/Ciram, localizada no bairro Itacorubi, com localização próxima ao local do estudo. Os valores de precipitação datam do período de 01/01/2000 a 03/05/2016 e através destes dados foi possível verificar um histórico do comportamento das precipitações na cidade de Florianópolis/SC.

De acordo com os dados recebidos constatou-se que a precipitação média diária do período foi de 4,75 mm/dia, a precipitação média mensal foi de 146

mm/mês e a precipitação média anual foi de 1607 mm. A Figura 8 apresenta os valores de precipitação média anual em mm.

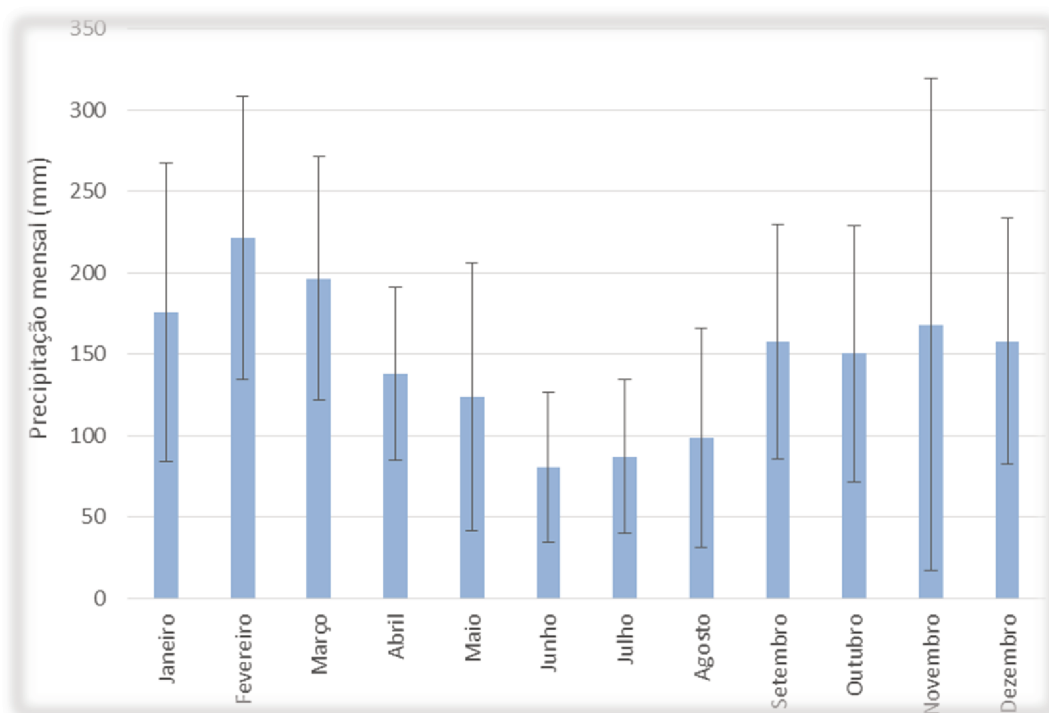
Figura 8 - Precipitação média anual.



Pode-se verificar que o ano de 2008 possuiu precipitação mais elevada que a média, pois foi um ano em que choveu atipicamente no estado de Santa Catarina, ocasionando inclusive enchentes nas cidades da região norte do estado. Os anos de 2012 e 2013 contam com valores abaixo da média, em razão dos dados recebidos estarem com alguns meses sem preenchimento.

Através da Figura 9 pode-se visualizar que as maiores precipitações ocorrem nos meses mais quentes do ano, de setembro a maio, enquanto que as menores precipitações ocorrem nos meses de inverno, de junho a agosto. Nota-se também que o mês de novembro possui um pico de precipitação mensal, que corresponde ao ano de 2008, citado anteriormente, quando ocorreram chuvas atípicas.

Figura 9 - Precipitação média mensal com máximos e mínimos.



Como dados de entrada no programa foram utilizados os valores de precipitação diária para todos os dias entre o período citado. Os dias que não estão preenchidos, bem como para valores de precipitação menores ou iguais a 2mm, foram assumidos pelo programa como zero.

4.3.2. Área de captação

Com o levantamento realizado através das plantas de coberturas dos blocos foi possível determinar a área de captação para utilização como dado de entrada no Netuno. A área de cobertura do bloco Baía Norte é de 463 m², conforme planta de cobertura e para os blocos Baía Sul e Ilha dos Guarás é de 470 m². As respectivas plantas encontram-se no Apêndice B. Por meio das Figuras 10 e 11 pode-se visualizar o material da cobertura dos blocos e os ralos coletores pluviais.

Figura 10 - Cobertura do bloco Baía Norte.



Figura 11 - Ralo coletor de água pluvial.



4.3.3. Demanda de água potável

Conforme descrito no capítulo anterior, a demanda de água potável consiste na quantidade de água potável que é necessária para suprir as necessidades dos moradores do condomínio. Seu valor foi calculado através das faturas da Casan, dividindo-se o consumo médio mensal pelo número de moradores e de apartamentos ocupados, obtendo-se um valor em litros per capita/dia para ser

utilizado como dado de entrada no programa Netuno. Os valores utilizados encontram-se na Tabela 8, mostrada anteriormente.

4.3.4. Porcentagem de substituição de água potável por pluvial

A porcentagem de substituição de água potável por pluvial é um fator fundamental para utilização do Netuno para o correto dimensionamento do reservatório. Os percentuais de usos finais foram calculados no item 4.2.3 e através deles é calculado o quanto de água potável poderá ser substituído por água pluvial, por meio da Eq. 3.8.

Os percentuais de usos finais que foram utilizados para substituição por água pluvial foram os da descarga, da máquina de lavar roupas e do tanque. Estes percentuais para cada bloco podem ser visualizados na Tabela 9.

Tabela 9 - Percentuais de substituição de água potável por pluvial para cada bloco (%).

Uso	Baía Norte	Baía Sul	Ilha dos Guarás
Descarga	10,6	8,4	8,4
Máquina de lavar roupa	12,5	16,7	11,8
Tanque	0,8	1,5	1,9
Total	23,9	26,6	22,1

4.3.5. Volume do reservatório

Através das variáveis de entrada descritas anteriormente foi possível estimar o volume ideal do reservatório de água pluvial, bem como o potencial de economia de água potável.

Para o volume do reservatório superior foi utilizado um volume igual à demanda diária média de água pluvial. Os outros dados de entrada para cada bloco encontram-se descritos na Tabela 10.

Tabela 10 - Dados de entrada no programa Netuno para cada bloco.

Dados de entrada	Baía Norte	Baía Sul	Ilha dos Guarás
Descarte inicial (mm)	2	2	2
Área de captação (m ²)	463	470	470
Demanda total de água potável (L per capita/dia)	171,2	160,6	151,0
Nº de moradores	110	101	106
Percentual de substituição (%)	23,9	26,6	22,1
Coeficiente de escoamento superficial	0,8	0,8	0,8

Para realizar as simulações de volume para o reservatório inferior de cada bloco foram feitas variações de volume em intervalos de 1000 litros e para cada uma dessas variações é encontrado um novo potencial de economia de água potável. O valor adotado como ideal foi aquele que possuía um incremento igual ou inferior a 0,5% de economia de água potável.

Devido às incertezas nas respostas obtidas, foi verificado também o volume de reservatório inferior para diferentes percentuais de usos finais não potáveis, bem como o potencial de economia de água potável e a demanda diária de água pluvial. Os resultados encontrados nessas simulações podem ser visualizados nas Tabelas 11 a 13.

Tabela 11 - Resultado do dimensionamento para o Bloco Baía Norte.

Usos finais para fins não potáveis (%)	Volume ideal do reservatório Inferior (L)	Potencial de economia de água potável (%)	Consumo diário de água pluvial (L)
13,9	20.000	7,00	1.318
18,9	16.000	7,10	1.336
23,9	14.000	7,11	1.340
28,9	13.000	7,13	1.344
33,9	13.000	7,23	1.362

Tabela 12 - Resultado do dimensionamento para o Bloco Baía Sul.

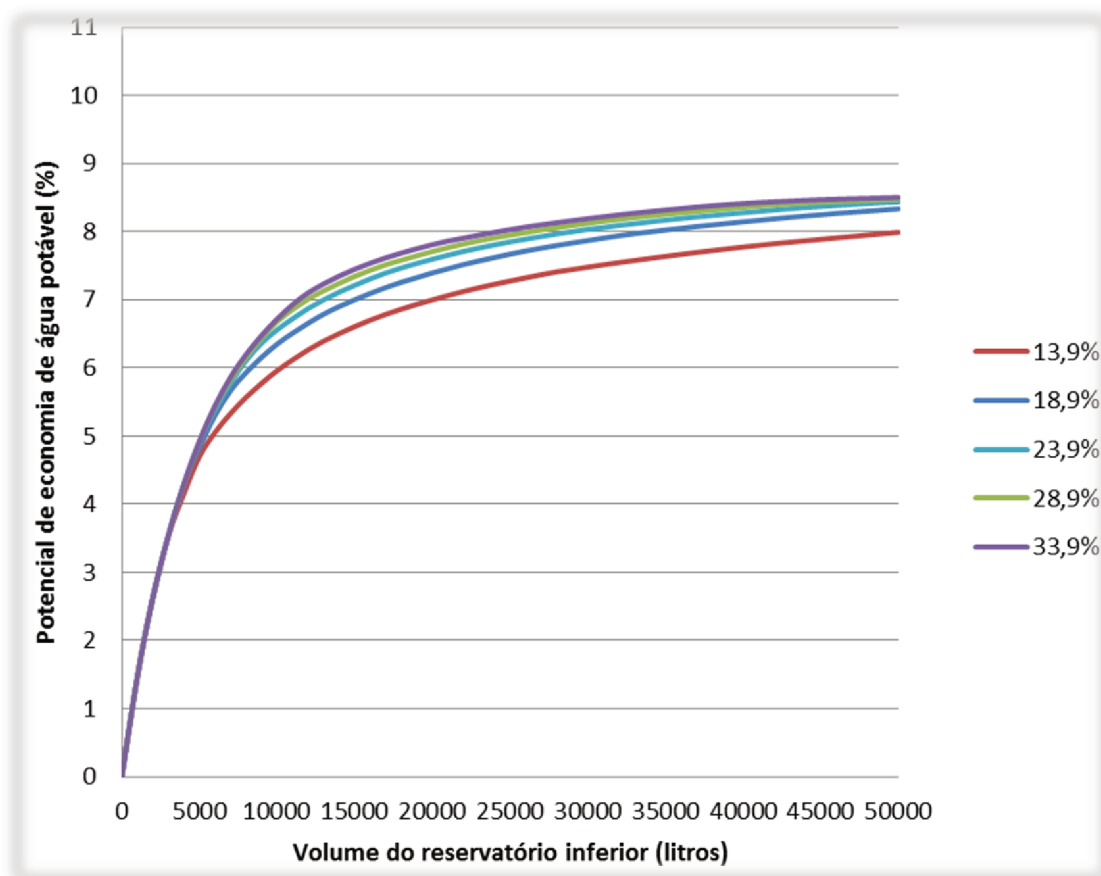
Usos finais para fins não potáveis (%)	Volume ideal do reservatório Inferior (L)	Potencial de economia de água potável (%)	Consumo diário de água pluvial (L)
16,6	20.000	8,25	1.338
21,6	17.000	8,40	1.363
26,6	15.000	8,42	1.365
31,6	13.000	8,32	1.349
36,6	12.000	8,29	1.344

Tabela 13 - Resultado do dimensionamento para o Bloco Ilha dos Guarás.

Usos finais para fins não potáveis (%)	Volume ideal do reservatório Inferior (L)	Potencial de economia de água potável (%)	Consumo diário de água pluvial (L)
12,1	26.000	8,08	1.293
17,1	20.000	8,40	1.344
22,1	16.000	8,42	1.348
27,1	14.000	8,41	1.347
32,1	13.000	8,43	1.350

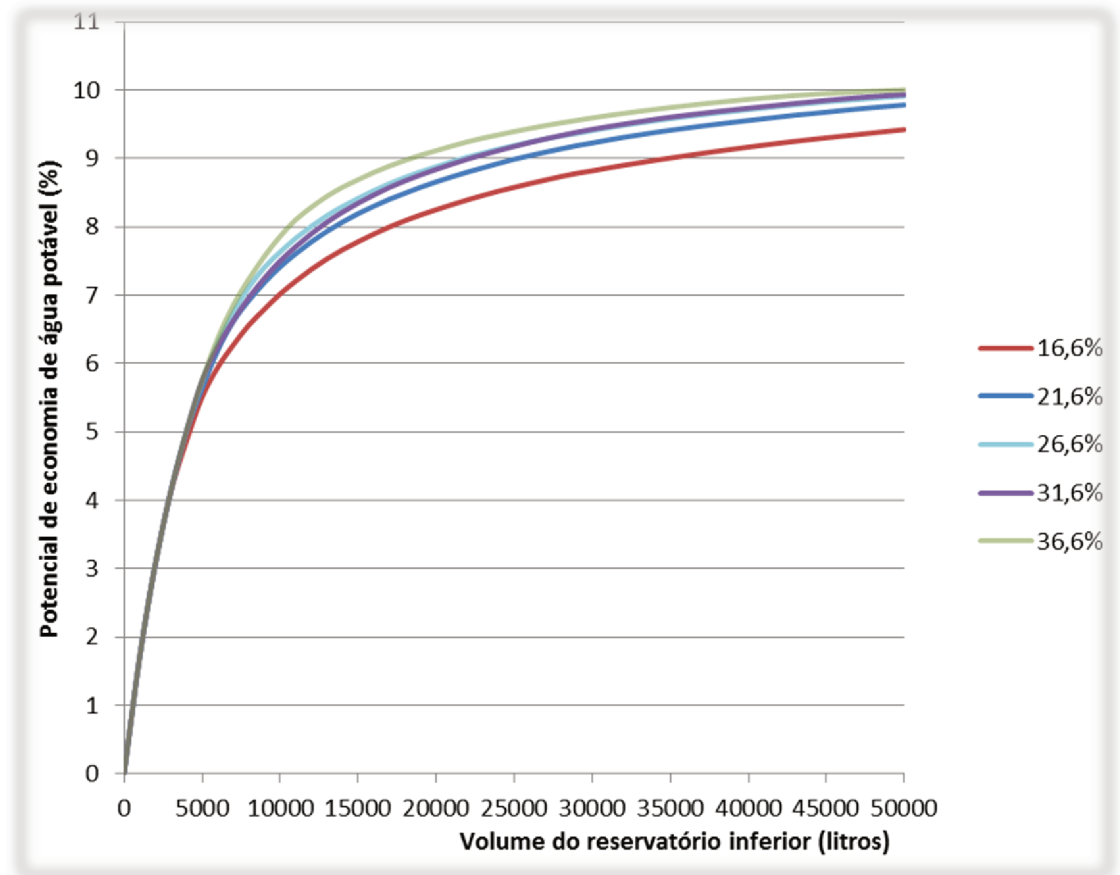
Para facilitar a visualização dos resultados obtidos através das simulações as Figuras 12 a 14 apresentam os potenciais de economia de água potável obtidos para cada volume de reservatório e para cada percentual de substituição de água potável por pluvial.

Figura 12 - Resultados do dimensionamento do volume ideal de reservatório inferior e potencial de economia de água potável para o Bloco Baía Norte.



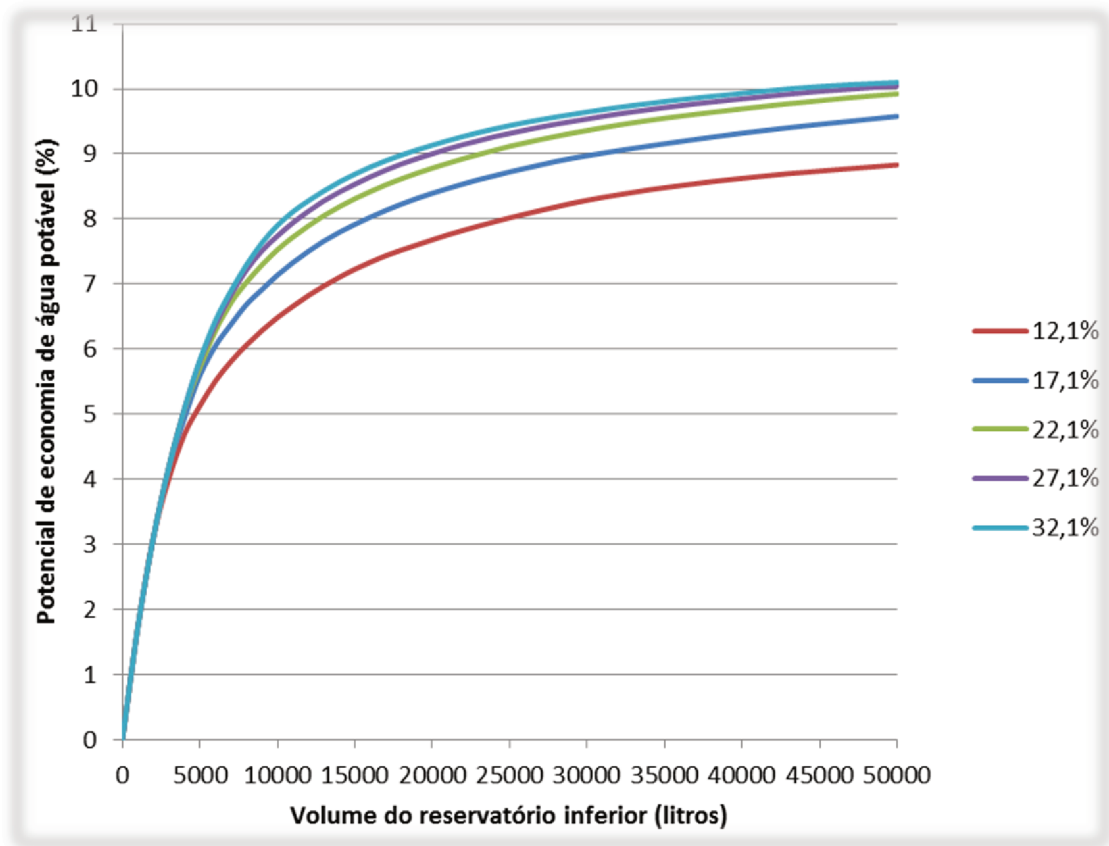
Analisando a Figura 10 pode-se visualizar que a partir do volume de 15.000 litros o potencial de economia para o percentual de substituição de 23,9% tende a variar menos, fazendo com que um aumento do volume do reservatório não ocasione um aumento significativo no percentual de economia. Para um valor de reservatório de 20.000 litros, que seria o próximo tamanho de reservatório encontrado comercialmente, o percentual de economia seria de 7,59%. Enquanto que para um reservatório de 50.000 litros o potencial de economia seria de 8,44%, apenas 1,33% a mais de economia do que o reservatório indicado como ideal, de 14.000 litros. Verificou-se também que variando os percentuais de substituição de água potável por pluvial o volume ideal do reservatório seria aproximadamente 15.000 litros, com potenciais de economia próximos de 7% para todas as alternativas. Adotou-se para os cálculos da análise econômica deste bloco um reservatório de 15.000 litros por ser um volume encontrado comercialmente.

Figura 13 - Resultados do dimensionamento do volume ideal de reservatório inferior e potencial de economia de água potável para o Bloco Baía Sul.



Para o bloco Baía Sul, o volume ideal de reservatório estimado pelo programa foi de 15.000 litros, com potencial de economia de água potável de 8,42%. Também para este bloco valores de volume de reservatório acima de 15.000 não causariam incremento de economia maior que 0,5%. Para esta simulação, um reservatório de 50.000 litros ocasionaria em potencial de economia de 9,91%, apenas 1,49% a mais que o reservatório estimado.

Figura 14 - Resultados do dimensionamento do volume ideal de reservatório inferior e potencial de economia de água potável para o Bloco Ilha dos Guarás.



Para o bloco Ilha dos Guarás foi encontrado um potencial de economia igual ao bloco Baía Sul, porém com um volume de reservatório estimado maior. Estes dois blocos apresentam resultados mais semelhantes por possuírem mesma área de captação e demandas de água potável menores do que a do bloco Baía Norte. O bloco Baía Norte é o bloco que possui menor área de captação e maior demanda de água potável, por possuir maior número de moradores. Por estes motivos, nos resultados das simulações, obtive os menores valores de potencial de economia de água potável em comparação com os outros blocos.

Os potenciais de economia foram baixos para os três blocos analisados. Este valor baixo deve-se principalmente ao fato da área de captação ser muito pequena para suprir a grande demanda diária dos moradores.

O volume de reservatório inferior adotado para análise econômica em cada bloco foi de 15.000 litros. Os potenciais de economia obtidos foram de 7,21% para o bloco Baía Norte, 8,42% para o bloco Baía Sul e 8,31% para o bloco Ilha dos Guarás.

Os volumes de reservatório superior foram obtidos através da demanda diária de água pluvial a ser suprida e os valores obtidos foram de 4.500,85 litros para o bloco Baía Norte, 4.314,68 litros para o bloco Baía Sul e 3.537,33 litros para o bloco Ilha dos Guarás. O valor adotado para o reservatório superior foi de 5.000 litros para cada bloco.

4.4. Análise econômica

A análise econômica é realizada para complementar o estudo sobre potencial de economia de água potável. Para realização desta análise foi feito um levantamento de custos dos materiais e da mão-de-obra necessários para implantação do sistema. Esta análise serve apenas como indicador para novos condomínios, pois não há a pretensão de implantação deste sistema no condomínio em estudo.

O valor dos reservatórios foi obtido através da pesquisa de preço em lojas da região de Florianópolis. As lojas não possuíam os produtos em estoque, sua compra podia ser realizada apenas por encomenda. Os custos correspondentes à aquisição dos reservatórios adotados foram os que apresentaram menor valor entre as duas lojas pesquisadas e encontram-se na Tabela 14. O valor de mão de obra para instalação dos reservatórios foi retirado da tabela Deinfra (2015).

Para estimar o custo das tubulações e conexões foi considerado uma porcentagem do valor total, conforme descrito no método. O valor utilizado foi de R\$ 1.338,34 para as tubulações e conexões.

O valor da motobomba foi considerado segundo tabela Deinfra (2015), resultando em um valor de R\$ 859,28, para cada motobomba, com mão de obra incluída. Foi considerada também uma motobomba reserva, conforme solicitado pela

NBR 5626 (1998). O custo total de implantação do sistema encontra-se na Tabela 14.

Tabela 14 - Custo de implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial.

Custos de implantação do sistema	
Reservatório superior de 5.000 litros	R\$ 1.536,90
Reservatório inferior de 15.000 litros	R\$ 4.010,90
Tubulações	R\$ 1.338,34
Mão de obra	R\$ 1.655,88
Motobomba de $\frac{3}{4}$ CV (2 unidades)	R\$ 1.718,56
Total	R\$ 10.260,58

O valor para as tarifas de água e esgoto foi definido de acordo com os valores praticados pela Casan, conforme Tabela 15. O valor correspondente à cobrança do esgoto é considerado o mesmo da água. Há ainda os tributos PIS e COFINS aplicados na tarifa.

Tabela 15 - Custos de água por faixa de consumo – Casan.

Consumo (m³)	Valor (R\$/m³)
Abaixo de 10	3,589
Entre 11 e 25	6,5773
Entre 26 e 50	9,2278
Acima de 50	11,058

Para energia elétrica a Celesc classifica o consumo com duas tarifas diferentes para o consumo residencial, convencional com sistema trifásico. Até 150kWh o valor da tarifa é de R\$ 0,535733/kWh. Para consumos acima deste valor o custo é de R\$ 0,635/kWh.

Os demais dados de entrada no programa, para os três blocos encontram-se na Tabela 16.

Tabela 16- Dados de entrada para análise econômica.

Dado de entrada	Valor
Inflação (% ao mês)	0,78
Reajuste das tarifas (meses)	12
Período de análise (anos)	20
Taxa mínima de atratividade (% ao mês)	1

Com a análise econômica efetuada no Netuno foi possível obter o valor presente líquido, o tempo de retorno de investimento e a taxa interna de retorno para cada bloco. Para o bloco Baía Norte encontrou-se um valor presente líquido de R\$ 152.528,55 o que mostra que o investimento é viável. O tempo de retorno do investimento foi de 12 meses e a taxa interna de retorno de 9,40% ao mês.

Para o bloco Baía Sul obteve-se um valor presente líquido de R\$ 153.329,21 demonstrando que o investimento é viável. O tempo de retorno foi de 12 meses e a taxa interna de retorno foi de 9,44% ao mês.

Para o bloco Ilha dos Guarás o valor obtido para o valor presente líquido foi de R\$ 149.131,88, demonstrando que o investimento é viável. O tempo de retorno do investimento também foi de 13 meses e a taxa interna de retorno foi de 9,21% ao mês.

5. Conclusão

5.1. Conclusões Gerais

Por meio deste trabalho foi avaliado o potencial de economia de água potável que poderia ser obtido mediante utilização de um sistema de captação e aproveitamento de água pluvial para consumos não potáveis em um condomínio residencial localizado na cidade de Florianópolis-SC.

Através dos dados obtidos com os questionários foi possível calcular a frequência e o tempo médio de utilização de cada aparelho para estimar os percentuais correspondentes a cada um destes usos. Foi calculado o consumo médio diário per capita para cada bloco e após comparar estes valores com o consumo real, obtido através das faturas da Casan, verificou-se que a diferença entre estes valores era muito alta. Esta discrepância entre os valores estimado e real deve-se às incertezas nas respostas obtidas por meio dos questionários entregues aos moradores, pois os moradores responderam o questionário sem auxílio e estimando os tempos médios para cada uso. Por este motivo, optou-se por utilizar o consumo diário per capita obtido através das faturas da Casan, pois correspondia ao valor real do consumo mensal. Este consumo obtido foi de 171,2 L/pessoa.dia para o bloco Baía Norte, 160,6 L/pessoa.dia para o bloco Baía Sul e 151,0 L/pessoa.dia para o bloco Ilha dos Guarás. O consumo per capita do bloco Baía Norte apresentou um valor mais elevado, pois através dos valores médios das faturas da Casan este é o bloco que mais consome água potável mensalmente. Acredita-se que este consumo mensal mais elevado deve-se ao fato do bloco possuir maior número de moradores que os outros blocos.

Obteve-se um percentual de água potável que poderia ser substituído por água pluvial de 23,9% para o bloco Baía Norte, 26,6% para o bloco Baía Sul e 22,1% para o bloco Ilha dos Guarás, considerando os usos não potáveis.

Por meio desses dados, juntamente com os dados de precipitação obtidos para a cidade de Florianópolis foi possível estimar os volumes de reservatório para o sistema de aproveitamento de água pluvial através do programa Netuno. O dimensionamento do reservatório inferior resultou em valores de 14.000 litros para o bloco Baía Norte, 15.000 litros para o bloco Baía Sul e 16.000 para o bloco Ilha dos

Guarás. Adotou-se então o volume de 15.000 litros para cada reservatório inferior. Os potenciais de economia de água potável através do uso de água pluvial obtidos para este volume de reservatório adotado foram de 7,21% para o bloco Baía Norte, 8,42% para o bloco Baía Sul e 8,21% para o bloco Ilha dos Guarás. Para os reservatórios superiores adotou-se o volume de 5.000 litros, por ser o volume de reservatório encontrado comercialmente logo acima do valor estimado que suprisse a demanda de água pluvial para um dia.

Após esta etapa foi realizada uma análise da viabilidade econômica de implantação desse sistema de aproveitamento de água pluvial. O custo de implantação do sistema estimado foi de R\$ 10.260,58 e o período de retorno estimado foi de 12 meses para os blocos Baía Norte e Baía Sul e 13 meses para o bloco Ilha dos Guarás.

Por conseguinte, com o presente estudo foi possível constatar que a implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial seria economicamente viável para o condomínio em estudo.

5.2. Limitações do Trabalho

Durante o período de estudo deste trabalho observaram-se algumas dificuldades, principalmente no levantamento de dados:

- Dificuldade de colaboração dos moradores do condomínio para responder os questionários;
- Imprecisão nas respostas obtidas através dos questionários, principalmente em relação aos tempos de uso de cada aparelho hidrossanitário;
- Questionários que não consideraram as diferenças de consumo nos diferentes períodos do ano;
- Uso de valores médios para estimativa de tempo de uso e frequência de utilização dos equipamentos hidrossanitários, aumentando a probabilidade de erros;
- Imprecisões nos valores de vazões dos aparelhos hidrossanitários utilizados para cálculo, desconsiderando as variações de pressão durante o uso do aparelho e os diversos tipos de aparelhos;

- Ausência de análise da qualidade da água pluvial captada, bem como ausência de sistema de tratamento desta água.

5.3. Sugestões para trabalhos futuros

Ao fim deste trabalho, seguem sugestões de assuntos para estudo em trabalhos futuros:

- Análises mais precisas do comportamento dos moradores em relação aos usos da água para diminuição dos erros, como por exemplo, separar os consumos durante os meses de inverno e verão;
- Utilização de equipamentos de maior precisão para medições das vazões;
- Verificar o potencial de economia de água potável com utilização de água pluvial aliado a outros sistemas, como por exemplo, reuso de água cinza em edificações residenciais;
- Análise da qualidade da água da chuva captada para estudo de soluções para uso em fins potáveis na edificação.

REFERÊNCIAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626 – Instalação predial de água fria**, Rio de Janeiro, 1998.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527 – Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis**, Rio de Janeiro, 2007.

AMORIM, S. V. D.; PEREIRA, D. J. D. A. **Estudo comparativo dos métodos de dimensionamento para reservatórios utilizados em aproveitamento de água pluvial**. Ambiente Construído, Porto Alegre, Junho 2008. 53-66.

APOSTOLIDIS, N.; HUTTON, N. **Integrated Water Management in brownfields sites - more opportunities than you think**. Desalination, 2005. 169-175.

ARSEGO, J. F. **Aproveitamento de águas pluviais para consumo não potável em um condomínio residencial localizado em Florianópolis - SC**. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2009.

BARRETO, D. **Perfil do consumo residencial e usos finais da água**. Ambiente Construído, Porto Alegre, Junho 2008. 23-40.

BERTOLO, E. D. J. P. **Aproveitamento da água da chuva em edificações**. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Porto. 2006.

CLIMATE-ORG. **CIMATE DATA - DADOS CLIMÁTICOS PARA CIDADES MUNDIAIS**, 2016. Disponível em: <<http://pt.climate-data.org/location/1235/>>. Acesso em: Março 2016.

DEINFRA - SC. **Departamento Nacional de Infraestrutura**. Disponível em: <<http://www.deinfra.sc.gov.br/getReferencial.do?nuSeq=2&cdPublicacao=1510>>. Acesso em: maio 2016.

DOMÈNECH, A.; SAURÍ, D. **A comparative appraisal of the use of rainwater harvesting in single and multi-family buildings of the Metropolitan Area of Barcelona (Spain): social experience, drinking water savings and economic costs**. Journal of Cleaner Production, Novembro 2010. 598-608.

DORNELLES, F. **Aproveitamento de água da chuva no meio urbano e seu efeito na drenagem pluvial**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2012.

EROKSUZ, E.; RAHMAN, A. **Rainwater tanks in multi-unit buildings: A case study for three Australian cities**. Resources, Conservation and Recycling, Junho 2010. 1449-1452.

FENDRICH, R.; OLIYNIK, R. **Manual de utilização das águas pluviais (100 maneiras práticas)**. Curitiba - Paraná: Livraria do Chain, 2002.

FERREIRA, D. F. **Aproveitamento de águas pluviais e reuso de águas cinzas para fins não potáveis em um condomínio residencial localizado em Florianópolis - SC**. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2005.

GHISI, E. **Potential for potable water savings by using rainwater in the residential sector of Brazil**. Building and Environment, Março 2005. 1544-1550.

GHISI, E.; CORDOVA, M. M. **Netuno 4 - Manual do Usuário**. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2014.

GHISI, E.; FERREIRA, D. F. **Potential for potable water savings by using rainwater and greywater in a multi-storey residential building in southern Brazil**. Science Direct, 2006. 2512-2522.

GHISI, E.; MONTIBELLER, A.; SCHMIDT, R. W. **Potential for potable water savings by using rainwater: An analysis over 62 cities in southern Brazil**. Building and Environment, Janeiro 2005. 204-210.

HERRMANN, T.; SCHMIDA, U. **Rainwater utilization in Germany: efficiency, dimensioning, hydraulic and environmental aspects**. Urban Water, 2000. 307-316.

IBGE. **IBGE - Instituto Brasileiro de Estatística**, 2016. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=420540&search=||infogr%E1ficos:-informa%E7%F5es-completas>>. Acesso em: Março 2016.

MARINOSKI, A. K. **Aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em instituição de ensino: Estudo de caso em Florianópolis - SC.** Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2007.

MEHRABADIA, M. H. R.; SAGHAFIANA, B.; FASHIB, F. H. **Assessment of residential rainwater harvesting efficiency for meeting non-potable water demands in three climate conditions.** Resources, Conservation and Recycling, 2013.

OLIVEIRA, T. D. D.; CHRISTMANN, S. S.; PIEREZAN, J. B. **Aproveitamento, Captação e (re) Uso das Águas Pluviais na Arquitetura.** GEDECON - Gestão e Desenvolvimento em Contexto, 2014.

ROCHA, V. L. **Validação do algoritmo do programa Netuno para avaliação do potencial de economia de água potável e dimensionamento de reservatórios de sistemas de aproveitamento de água pluvial em edificações.** Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2009.

RUPP, R. F.; MUNARIM, U.; GHISI, E. **Comparação de métodos para dimensionamento de reservatórios de água pluvial.** Ambiente Construído, Porto Alegre, Dezembro 2011. 47-64.

STEFFEN, J. et al. **Water supply and stormwater management benefits of residential rainwater harvesting in U.S. cities.** Journal of The American Water Resources Association, Agosto 2013. 810-824.

TUCCI, C. E. M.; HESPAHOL, I.; NETTO, O. D. M. C. **Gestão da Água no Brasil.** Brasília, p. 31-43. 2001.

UNITED NATIONS. **The World Population Prospects: 2015 Revision,** 29 Julho 2015. Disponível em: <<https://www.un.org/development/desa/publications/world-population-prospects-2015-revision.html>>. Acesso em: 25 Setembro 2015.

VILLARREAL, E. L.; DIXON, A. **Analysis of a rainwater collection system for domestic water supply in Ringdansen, Norrköping, Sweden.** Building and Environment, Outubro 2004. 1174-1184.

WANG, R.; ZIMMERMAN, J. B. **Economic and Environmental Assessment of Office Building Rainwater Harvesting Systems in Various U.S. Cities.** Environmental Science & Technology, 2014. 1768-1778.

APÊNDICES

APÊNDICE A

Questionário utilizado nas entrevistas



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

ESTUDO DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL

Uso de Água no Condomínio Vista Real
 Rua Vereador Ramon Filomento, nº 255
 Itacorubi - Florianópolis - SC

Apartamento: _____

Bloco: _____

Nº de moradores do apto: _____

Usos Gerais:

1) Quantidade de banhos tomados diariamente: _____

2) Duração média de cada banho: _____

3) Tipo de descarga:

() Caixa de descarga acoplada

() Válvula

4) Número de utilizações da descarga por dia:

Dias úteis: _____

Finais de semana: _____

5) Número de utilizações da torneira para escovar os dentes:

Dias úteis: _____

Duração: _____

Finais de semana: _____

Duração: _____

6) Número de utilizações da torneira para lavar as mãos:

Dias úteis: _____

Duração: _____

Finais de semana: _____

Duração: _____

7) Número de utilizações da torneira para lavar o rosto:

Dias úteis: _____

Duração: _____

Finais de semana: _____

Duração: _____

8) Número de utilizações da torneira para fazer a barba:

Dias úteis: _____ Duração: _____
 Finais de semana: _____ Duração: _____

9) Número de utilizações da torneira para lavar a louça:

Dias úteis: _____ Duração: _____
 Finais de semana: _____ Duração: _____

10) Número de utilizações da máquina de lavar louça:

Dias úteis: _____
 Finais de semana: _____
 Modelo máquina de lavar louças: _____
 Número de serviços: _____

Responsável pelas refeições:**11) Número de utilizações da torneira da cozinha para cozinhar:**

Dias úteis: _____ Consumo (médio, em litros): _____
 Finais de semana: _____ Consumo (médio, em litros): _____

Responsável pela limpeza:**12) Lavagem de roupa:****12.1) Máquina de lavar:**

Capacidade da máquina: _____
 Número de ciclos: _____
 Modelo da máquina: _____
 Dias úteis: _____
 Finais de semana: _____

12.2) Tanque:

Dias úteis: _____ Consumo (médio, em litros): _____
 Finais de semana: _____ Consumo (médio, em litros): _____

13) Frequência de limpeza do apartamento:

Dias úteis: _____ Consumo (médio, em litros): _____
 Finais de semana: _____ Consumo (médio, em litros): _____

17) Outros:

Quais? _____
 Dias úteis: _____ Consumo (médio, em litros): _____
 Finais de semana: _____ Consumo (médio, em litros): _____

